

МІЖНАРОДНИЙ
НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
«ІНТЕРНАУКА»

ISSN 2520-2057

INTERNATIONAL
SCIENTIFIC JOURNAL
«INTERNAUKA»

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
«ИНТЕРНАУКА»

№ 21 (61) / 2018
3 том



**МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
«ІНТЕРНАУКА»**

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL
«INTERNAUKA»**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
«ИНТЕРНАУКА»**

*Свідоцтво
про державну реєстрацію
друкованого засобу масової інформації
КВ № 22444-12344ПР*

Збірник наукових праць

№ 21 (61)

3 том

Київ 2018



Повний бібліографічний опис всіх статей Міжнародного наукового журналу «Інтернаука» представлено в: **НЭБ elibrary.ru; Polish Scholarly Bibliography; ResearchBib; Turkish Education Index; Наукова періодика України.**

Журнал зареєстровано в міжнародних каталогах наукових видань та наукометричних базах даних: **Ulrichsweb Global Serials Directory; Google Scholar; НЭБ elibrary.ru; Open Academic Journals Index; Research-Bib; Scientific Indexing Services; Turkish Education Index; Polish Scholarly Bibliography; Electronic Journals Library; Staats- und Universitätsbibliothek Hamburg Carl von Ossietzky; InfoBase Index; International Institute of Organized Research; CiteFactor; Open J-Gate; Cosmos Impact Factor; Scholar Steer; Eurasian Scientific Journal Index; Academic keys; Російський імпакт-фактор; Наукова періодика України; JOURNAL FACTOR; Bielefeld Academic Search Engine (BASE); The Journals Impact Factor (JIF); CrossRef.**

В журналі опубліковані наукові статті з актуальних проблем сучасної науки.

Матеріали публікуються мовою оригіналу в авторській редакції.

Редакція не завжди поділяє думки і погляди автора. Відповідальність за достовірність фактів, імен, географічних назв, цитат, цифр та інших відомостей несуть автори публікацій.

У відповідності із Законом України «Про авторське право і суміжні права», при використанні наукових ідей і матеріалів цієї збірки, посилання на авторів та видання є обов'язковими.

Редакція:

Головний редактор: **Коваленко Дмитро Іванович** — кандидат економічних наук, доцент (Київ, Україна)
Випускаючий редактор: **Золковер Андрій Олександрович** — кандидат економічних наук, доцент (Київ, Україна)
Секретар: **Колодич Юлія Ігорівна**

Редакційна колегія:

Голова редакційної колегії: **Камінська Тетяна Григорівна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)
Заступник голови редакційної колегії: **Курило Володимир Іванович** — доктор юридичних наук, професор, заслужений юрист України (Київ, Україна)
Заступник голови редакційної колегії: **Тарасенко Ірина Олексіївна** — доктор економічних наук, професор (Київ, Україна)

Розділ «Технічні науки»:

Член редакційної колегії: **Бєліков Анатолій Серафимович** — доктор технічних наук, професор (Дніпро, Україна)
Член редакційної колегії: **Луценко Ігор Анатолійович** — доктор технічних наук, професор (Кременчук, Україна)
Член редакційної колегії: **Мельник Вікторія Миколаївна** — доктор технічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Наумов Володимир Аркадійович** — доктор технічних наук, професор (Калінінград, Російська Федерація)
Член редакційної колегії: **Румянцев Анатолій Олександрович** — доктор технічних наук, професор (Краматорськ, Україна)
Член редакційної колегії: **Сергейчук Олег Васильович** — доктор технічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Чабан Віталій Васильович** — доктор технічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Аль-Абабнех Хасан Алі Касем** — кандидат технічних наук (Амман, Йорданія)
Член редакційної колегії: **Артюхов Артем Євгенович** — кандидат технічних наук, доцент (Суми, Україна)
Член редакційної колегії: **Баширбейлі Адалат Ісмаїл** — кандидат технічних наук, головний науковий спеціаліст (Баку, Азербайджанська Республіка)
Член редакційної колегії: **Коньков Георгій Ігорович** — кандидат технічних наук, професор (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Кузьмін Олег Володимирович** — кандидат технічних наук, доцент (Київ, Україна)
Член редакційної колегії: **Саньков Петро Миколайович** — кандидат технічних наук, доцент (Дніпро, Україна)

ЗМІСТ
CONTENTS
СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

- Бродкевич Володимир Михайлович, Ремесло Вячеслав Якович**
ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ І ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ —
ПОТОЧНІ ПРОБЛЕМИ ТА ВИКЛИКИ..... 7
- Демченко Юлія Сергіївна, Якимчук Вікторія Сергіївна**
АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ДЛЯ РОБОТИ З ДАНИМИ ТА ЇХ СИНХРОНІЗАЦІЯ 13
- Карапетян Анаїт Радіківна, Левчик Альбіна Андріївна**
МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕННЯ РОЗРАХУНКІВ ЧЕРЕЗ МЕХАНІЗМ БЛОКЧЕЙНУ 16
- Кіблик Дмитро Олександрович**
ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕГРАДАЦІЇ ПІД ВПЛИВОМ РАДІАЦІЇ НА HD-КАМЕРИ НА ОСНОВІ
МАТРИЦІ CMOS..... 20
- Кравчук Надія Миколаївна, Редько Олександр Дмитрович**
КАВБУЗ — ПЕРСПЕКТИВНА СИРОВИНА ДЛЯ СОЛОДКИХ СТРАВ..... 29
- Мельник Вікторія Миколаївна, Ружинська Людмила Іванівна, Сорокін Едуард Геннадійович**
ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКУ НА ПРОЦЕС КРИСТАЛІЗАЦІЇ ЛИМОННОЇ КИСЛОТИ 35
- Новохат Олег Анатолійович, Вишар Артем Сергійович**
ПРЕСОВА ЧАСТИНА ПАПЕРОРОВНОЇ МАШИНИ..... 39
- Павлов Володимир Анатолійович, Носовець Олена Костянтинівна,
Давидько Олександр Богданович, Дяк Андрій Ігорович, Шапошник Ольга Геннадіївна**
ЗМІШАНО-ЦІЛОЧИСЕЛЬНА ЗАДАЧА ОПТИМІЗАЦІЇ ЛІКУВАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ 42
- Плосконос Віктор Григорович**
ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В РОЗРОБЦІ ПЛАНІВ
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ
ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ ТА КАРТОНУ 50
- Саченко Анатолій Олексійович, Золотухін Денис Васильович**
МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМ РОЗРОБКИ 3D МОДЕЛІ ДЛЯ ВІДЕОЗОБРАЖЕНЬ 55
- Скрипченко Олександр Васильович**
РОЗРОБКА ЗАРЯДНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЛІТІЙ-ІОННОГО ТА ЛІТІЙ-ПОЛІМЕРНОГО АКБ
З РЕЖИМОМ ЗАРЯДЖАННЯ РЕВЕРСИВНИМ СТРУМОМ 58

Фесенко Сергій Вікторович ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТРИМКОГО РОСТУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ РОБОЧОЇ РІДИНИ У ГАЗЛІФТНОМУ БАРБОТАЖНОМУ АПАРАТІ	69
Хмельницький Юрій Владиславович, Карун Марія Євгеніївна БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ДОДАТКІВ У «ХМАРНОМУ» СЕРЕДОВИЩІ	75
Хорошайло Юрій Євгенєвич, Сезонова Ирина Константиновна, Ефименко Сергей Андреевич ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЗЕРНА	82
Шматок Олексій Іванович, Посулько Дмитро Вікторович ІНТЕНСИФІКАЦІЯ МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ВИЛУЧЕННІ БІОЛОГІЧНО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН (БАР) З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	88

УДК 622. 276.53

Бродкевич Володимир Михайлович

*кандидат економічних наук,
доцент кафедри інформаційно-технічних та природничих дисциплін
Київський кооперативний інститут бізнесу і права*

Бродкевич Владимир Михайлович

*кандидат экономических наук, доцент кафедры
информационно-технических и естественно-научных дисциплин
Киевский кооперативный институт бизнеса и права*

Brodkevych Volodymyr

*PhD of Economy, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of
Information Technology Natural Sciences
Kyiv Cooperative Institute of Business and Law*

Ремесло Вячеслав Якович

*кандидат військових наук, доцент,
доцент кафедри інформаційно-технічних та природничих дисциплін
Київський кооперативний інститут бізнесу і права*

Ремесло Вячеслав Якович

*кандидат военных наук, доцент, доцент кафедры
информационно-технических и естественно-научных дисциплин
Киевский кооперативный институт бизнеса и права*

Remeslo Viacheslav

*PhD of Military Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of
Information Technology and Natural Sciences
Kyiv Cooperative Institute of Business and Law*

ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ І ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ – ПОТОЧНІ ПРОБЛЕМИ ТА ВИКЛИКИ

ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИИ – ТЕКУЩИЕ ПРОБЛЕМЫ И ВЫЗОВЫ

DEEP LEARNING IMPLEMENTATION IN THE ENTERPRISE – CURRENT PROBLEMS AND CHALLENGES

Анотація. Як легко побачити, за короткий період починаючи з 2012 відбувається масове зростання популярності венчурних інвестицій, конференцій і бізнес-запитів, пов'язаних з «Машинним навчанням» та в подальшому «Глибоким навчанням». При тому – більшість керівників технологічних компаній часто мають проблеми з визначенням, де і як їх бізнес може фактично застосовувати машинне навчання (МН) та глибоке навчання (ГН) до конкретних проблем бізнесу.

З появою нових термінів та слів, або bussewords англ., із сфери штучного інтелекту (ШІ), які з'являються щотижня, здається важко розібратися з тим, які прикладні годатки чи програми є дійсно життєздатними, і які є просто галасом, гіперболою або обманом. В статті досліджується питання сучасного стану використання ШІ і його компоненти – глибокого навчання у виробничих компаніях. Особливу увагу приділяється останнім звітам відомих аналітичних компаній, зокрема агентства O'Reilly, присвяченим цим питанням.

В статті також висвітлюються важливі для впровадження ШІ питання, що виникають при реалізації бізнес-проектів, на які важливо звернути увагу при виборі застосування глибокого навчання. При цьому розглянуто питання вузьких

місце впровадження глибокого навчання. Також приділяється увага проблемі підбору персоналу і кроки, що робляться компаніями для розвитку талантів та навчання працівників.

Розглянуті в статті матеріали направлені на аудиторію з числа спеціалістів по впровадженні сучасних програмних систем і стартапів, програмістів, читачам з бізнес середовища, та перспективним бізнесменам і студентам.

Ключові слова: штучний інтелект (ШІ), машинне навчання (МН), глибоке навчання (ГН), глибокі нейронні мережі (ГНМ), генеративні змагальні мережі (ГЗН), рекурентні нейронні мережі (РНМ), прикладні додатки, рекомендатори, комп'ютерне бачення, інтелектуальний аналіз даних (ІАД).

Аннотация. Как легко заметить, за короткий период, начинающийся с 2012, наблюдается массовое увеличение популярности венчурных инвестиций, конференций и бизнес-запросов, связанных с «машинным обучением» и продвинутым «глубоким обучением». В то же самое время большинство руководителей технологических компаний часто имеют проблемы с определением: где и как их предприятие может фактически применить машинное обучение (МО) и глубокое обучение (ГО) к специфическим проблемам их бизнеса.

С появлением новых терминов и слов, или bussewords англ., из сферы искусственного интеллекта (ИИ), которые появляются еженедельно, кажется, трудно понять, какие приложения действительно жизнеспособны, а какие просто шум, гипербола или обман. В статье рассматривается вопрос о современном состоянии использования ИИ и его составляющей – глубокое обучение в производственных компаниях. Особое внимание уделяется последним сообщениям известных аналитических компаний, в частности агентства O'Reilly, посвященных этому вопросу.

В статье также освещаются важные вопросы, возникающие при реализации бизнес-проектов, и на что важно обратить внимание при выборе применения глубокого обучения. Рассмотрены вопросы, связанные с узкими местами внедрения глубокого обучения. Также уделено внимание подбору персонала и шагам, предпринятым компаниями для развития талантов и обучения сотрудников.

Рассмотренные в статье материалы адресованы аудитории из числа специалистов по внедрению современных программных систем и стартапов, программистов, читателей из бизнес-среды, перспективных бизнесменов и студентов.

Ключевые слова: искусственный интеллект (ИИ), машинное обучение (МО), глубокое обучение (ГО), генеративные нейронные сети (ГНС), рекуррентные нейронные сети (РНС), компьютерное зрение, прикладные приложения, интеллектуальный анализ данных (ИАД).

Summary. As it is easy to see, in a short period starting from 2012 there is a massive increase in the popularity of venture investments, conferences and business inquiries related to «machine learning» and further «deep learning». At the same-most CEOs of technology companies often have problems with determining where and how their business can actually apply machine learning (ML) and deep learning (DL) to specific business problems.

With the emergence of new terms and words, or bussewords, from the sphere of artificial intelligence (AI), which appear weekly, it seems difficult to understand what applications are really viable, and which are simply a buzz, hyperbole or deception. The paper examines the question of modern condition of use of AI and its components – deep learning in production companies. Special attention is paid to the latest reports of famous analytical companies, particularly the agency O'Reilly, dedicated to this issue.

The article also highlights important issues arising in the implementation of business projects. And what is important to pay attention to when choosing the application of deep learning. The issues of bottlenecks implementation of deep learning are considered. Also paid attention to personnel recruitment and steps made by companies to develop talents and educate employees.

Materials discussed in the article are directed to the audience from among the specialists on implementation of modern software systems and startups, programmers, readers from business environment, promising businessmen and students.

Key words: artificial intelligence (AI), machine Learning (ML), deep learning (DL), generative adversarial networks (GANs), applied applications, computer vision, recurrent neural networks (RNN), data mining, recommendation Engines.

Коротка історія розвитку штучного інтелекту і глибокого навчання

Великий інтерес до штучного інтелекту (ШІ) може бути простежено з успіху глибокого навчання за різними завданнями і критеріями, починаючи з 2011 з системою розпізнавання мовлення від Microsoft і університету Торонто, що знизили рівень помилки до 25%. Глибоке навчання увійшло у громадську думку в 2016 з вражаючої перемоги AlphaGo проти найкращих гравців Го. Написання програми, що може грати в Го на найвищому рівні, було значно складніше, ніж створення такої ж для шахів, і за найбільш оптимістичними оцін-

ками, що ми були принаймні за десятиліття від чемпіонського рівня Go програми. Хоча AlphaGo скористалася перевагами багатьох інших технік, окрім глибокого навчання, це однак привернуло велику увагу. Для багатьох здавалося, що глибоке навчання вирішило одне з найскладніших завдань ШІ. O'Reilly [2] надає таблицю (табл. 1) основних досягнень штучного інтелекту на основі глибокого навчання.

З тих пір, дослідники ШІ працювали головним чином із застосуванням глибокого навчання.

Дослідники і розробники ШІ продовжували працювати для знаходження поліпшеної архітектури

Таблиця 1

Останні етапи розвитку глибокого навчання

2011	Рекорд встановлений системою розпізнавання мовлення на основі глибокого навчання	Лі Ден, Дон ю., Алекс Асего, Джордж Даль і Джеффри Хінтон
2012	AlexNet перший вклад в ImageNet великих масштабів візуального розпізнавання	Алекс Крижевський, Джеффри Хінтон, і Ілля Сутскевер
2013	гра Atari з підкріплення (підтримкою) глибоким навчанням	DeepMind
2016	AlphaGo — поразка Лі Седол	DeepMind
2016	Випуск комерційної системи машинного перекладу, що використовує нейронні мережі	Google

для контрольованого і неконтрольованого навчання. Останнім часом, генеративні змагальні мережі (ГЗМ) і рекурентні нейронні мережі (РНН) переважали в новинах; вони є розширенням глибокого навчання, які розсувають межі того, що ми можемо зробити з ШІ.

Ще однією важливою тенденцією є розширення впливу глибокого навчання на продукти науки даних. Провідні компанії цього напрямку, такі як Google, Microsoft і Amazon, поволі вводять глибоке навчання в свої послуги, замінивши існуючі системи машинного навчання (в тому числі рекомендатори, визначення рейтингу і прогнозування) на моделі з глибокими навчанням в основі.

Стан використання глибокого навчання в організаціях

Згідно недавнього звіту, опублікованого агентством O'Reilly опитані компанії використовують свою технологію штучного інтелекту (ШІ) з розширенням на функції або завдання, які вже існували в їх організації замість того, щоб придумати абсолютно нові процеси або продукти, які включають глибоке навчання (ГН).

Було опитано 3,300 компаній у дослідженні під назвою «Як компанії працюють з ШІ через глибоке навчання», використовуючи їх передплатні розсилки з тем: «ШІ», «Дані» і «Програмування» абонентам, щоб оцінити, як і чому їх компанії використовували реалізації глибокого навчання, а також їх майбутні інтереси щодо побудови потенційних конструкцій ШІ.

Для подальших досліджень використання глибокого навчання в компаніях, дослідники також опитали учасників, щоб отримати відповіді на наступні питання:

1. Що ви вважаєте важливим при виборі застосування глибокого навчання?
2. Які вузькі місця впровадження глибокого навчання?
3. Що ви робите для розвитку талантів і навчання?

Можна відзначити деякі ключові відповіді від учасників досліджень, для того щоб запропонувати інформацію для більшого розуміння результатів цього звіту.

Що ви вважаєте важливим при виборі застосування глибокого навчання?

Згідно з опитуванням, більшість респондентів вважають, що глибоке навчання дозволяє отримати нові знання із структурованих або напівструктурованих даних чи тексту. O'Reilly відзначає, що це може бути завдяки тому, що глибоке навчання розглядається як «оновлення» аналізу даних традиційними методами.

Оновлення знайомих існуючих додатків через глибоке навчання є більш безпечними інвестиціями, ніж починати щось нове; підприємства на даний час вже мають багато структурованих і напівструктурованих даних, але кількість підприємств, які в даний час можуть використовувати сучасні комп'ютерні технології (не говорячи про ігрові), обмежена.

Коли питання дійшли до додатків глибокого навчання, які були найбільш цікавими для респондентів, то:

- 13 відсотків вказали на комп'ютерне бачення (*computer vision* англ.);
- уважно відстежували системи інтелектуального аналізу даних (*data mining* англ.) — 11 відсотків;



How Companies Are Putting AI to Work Through Deep Learning

Рис. 1. Примірник звіту компанії O'Reilly

What application of deep learning are you interested in? (choose all that apply)

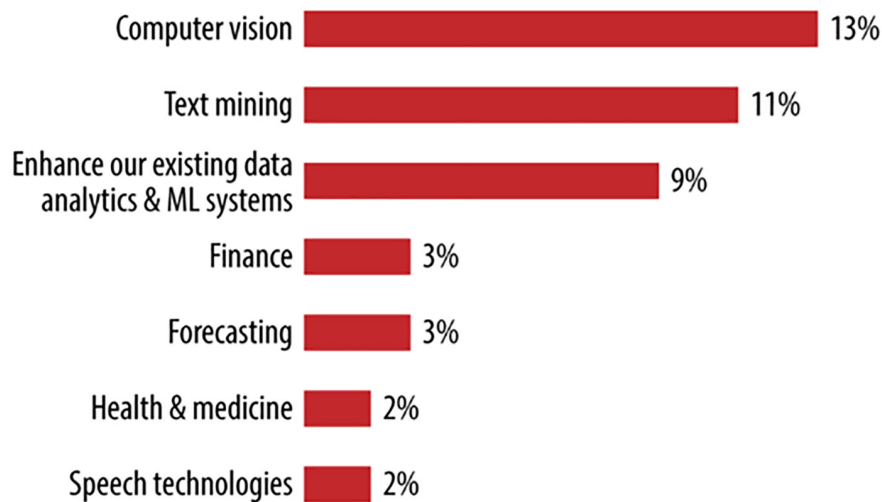


Рис. 2. Які прикладні додатки глибокого навчання вас зацікавили?
Джерело: O'Reilly

– систем поглиблення існуючих даних і машинного навчання (*enhancing existing data and machine learning* англ.) — 9 відсотків.

Інші варіанти — три відсотки або менше, — фінанси (*finance* англ.), прогнозування (*forecasting* англ.), мовні технології (*speech technology* англ.), а також здоров'я і медицина (*health and medical* англ.).

На наведеному нижче графіку показано розбиття респондентів по відповіді на запитання:

Комп'ютерне бачення — це програмне забезпечення, що підтримує аналіз, позначення і ідентифікацію моделей та аспектів фотографії- має стабільний інтерес у різних галузях промисловості, включаючи роздрібну торгівлю, автомобілебудування та сільське господарство, наразі для таких

компаній, як Amazon, Google і Tesla, що виробляють продукти, які використовують технологію ШІ.

В той час, як патентна історія компанії Amazon є доказом того, що вона буде використовувати комп'ютерне бачення в площині розширеної реальності для упізнання і «одягання людей» у своєму віртуальному дзеркалі, то Google і Tesla стверджують, що їх автомобілі самоуправління використовують технологію для виявлення і уникання перешкод та рухомих об'єктів.

З даних досліджень ми бачимо, що *інтелектуальний аналіз даних* отримав великий інтерес в індустрії охорони здоров'я та у відношенні до регуляторної технології (RegTech), а також інших секторів, які пов'язані з відстеженням, документуванням та підтриманням історії і медичних записів пацієнтів, клієнтів та користувачів.

As you incorporate or consider incorporating deep learning, what bottlenecks are you encountering? (choose all that apply)

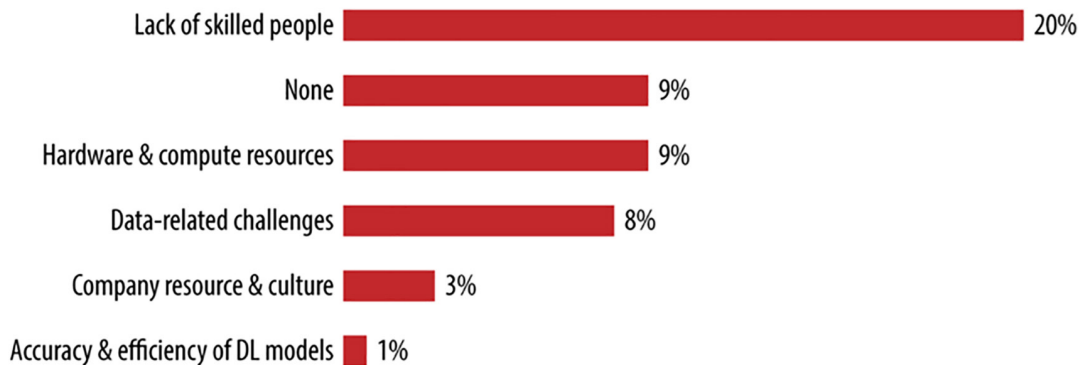


Рис. 3. Які вузькі місця зустрічаються при впровадженні глибокого навчання?
Джерело: O'Reilly

What AI skills development approaches does your company employ?

(choose all that apply)

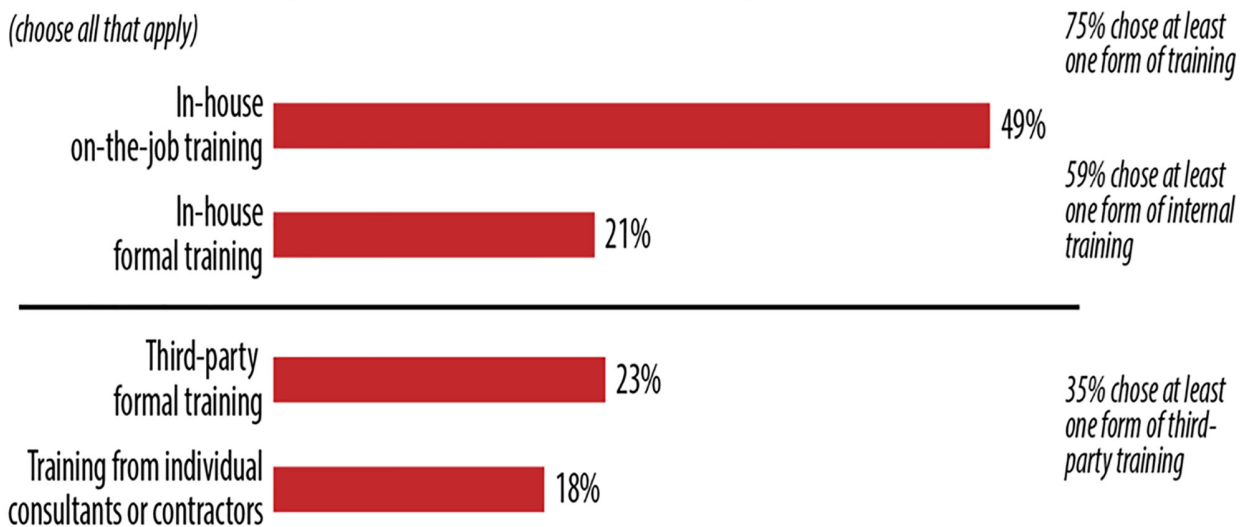


Рис. 4. Які підходи до розвитку навиків ШІ використовує ваша компанія?

Джерело: O'Reilly

Які вузькі місця впровадження глибокого навчання?

Хоча в доповіді зазначається, що на даний час нараховується більше ніж 22000 докторів наук з базовою освітою, пов'язаною з глибоким навчанням і ШІ, при цьому зазначається, що пошук і навчання талантів для ШІ є ще найбільшим каменем спотикання, про що повідомляють учасники опитування. Згідно з наведеною нижче діаграмою — рис. 3. вузьким місцем номер один за опитуванням, з яким стикаються респонденти в процесі нарощування глибокого навчання у своїх компаніях, є «відсутність кваліфікованих людей».

Незважаючи на те, що тільки 11 відсотків респондентів кажуть, що їхні компанії найняли працівників на позиції освоєння глибокого навчання, O'Reilly оцінює, що обмежений обсяг талантів буде рости навіть ще менше; більш ніж 28 відсотків респондентів кажуть, що вони в даний час використовують глибоке навчання і 54 відсотки говорять, що глибоке навчання буде відігравати велику роль в майбутньому. O'Reilly прогнозує, з огляду на ці цифри і значне підвищення інтересу до глибокого навчання, що пошук кваліфікованих талантів стане ще більш складним.

Інші вузькі місця включають:

- Апаратні та комп'ютерні ресурси (9%);
- Дані та проблеми, пов'язані з даними (8%);
- Ресурси та культурологія компанії (3%);
- Точність і ефективність моделей глибокого навчання (1%).

Також O'Reilly відзначає, що дев'ять відсотків учасників не повідомили нинішніх вузьких місць для застосування глибокого навчання.

Що ви робите для розвитку талантів і навчання?

У відповідь на найбільш поширені недоліки — прогалини майстерності, 75 відсотків учасників повідомили, що їх компанії реалізували власні або зовнішні програми навчання для загального розуміння ШІ. У дослідженні не зазначено, які навички ШІ обговорювалися в цих програмах.

Хоча 49 відсотків заявили, що ці навчальні програми були зроблені в рамках своєї компанії (In-house on-the-Job training), 35 відсотків сказали, що формальне навчання отримано від стороннього джерела (third party training). Більше 18 відсотків повідомили, що вони прагнули проводити навчання в окремих консультантів (training from individual consultants or contractors).

На наведеному нижче графіку рис. 4 показано, як респонденти розповіли про свої стратегії навчання:

Висновки. З цього звіту та інших досліджень, ми можемо визначити наступні тенденції в компаніях, що застосовують ШІ і глибоке навчання:

Більшість компаній є зацікавлені у комп'ютерному баченні та системах інтелектуального аналізу даних. Аналогічним чином, можна відзначити, що продукти комп'ютерного бачення все частіше були реалізовані в сфері роздрібної торгівлі та автомобільній промисловості, в той час як системи інтелектуального аналізу даних були використані в галузі фінансів, охорони здоров'я та інших галузях обробки або регулювання документообігу.

Хоча компанії продовжують підтримувати інтерес до глибокого навчання, в них також продовжує спостерігатись нестача талантів. Результати дослідження підказали, що компанії реалізували освітні

процеси або інвестували в зовнішню підготовку. Через інтерв'ю з ними можна також побачити, що компанії зацікавлені в пошуку і придбанні істинного таланту для цілей машинного навчання.

Незалежно від стилю навчання, — чи підготують когось з нуля або пошуку таланту за допомогою ШІ-експертизи, багато компаній стверджують, що вони приймають тих працівників, у підготовці яких вже є база, яка може стосуватися основ глибокого навчання. Серед цих співробітників можуть бути інженери-програмісти і вчені по даних.

Дослідження показують, що існує ряд важливих моментів, які слід враховувати при побудові нових проектів із застосуванням глибокого навчання.

Як відзначає в дослідженні головний спеціаліст з даних (Chief Data Scientist) компанії O'Reilly Media Інс Б. Лоріка, при переході від початкової стадії робіт або пілотного проекту до виробництва є більш складним, в залежності від рівня критичності проекту, ніж можна було передбачити. Тому дуже важливо аргументоване співставлення конкретних бізнес інтересів і можливостей машинного навчання.

Література

1. Вікіпедія [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>; https://en.wikipedia.org/wiki/Arthur_Samuel
2. How Companies Are Putting AI to Work Through Deep Learning. — by Ben Lorica and Mike Loukides Copyright © 2018 O'Reilly Media.
3. Иващенко А. Г. Самообучающиеся системы с положительными обратными связями. — Киев: Изд-во АН УССР, 1963.
4. General-purpose technique sheds light on inner workings of neural nets trained to process language. Larry Hardesty | MIT News Office, September 8, 2017.
5. Machine Learning Algorithms for Business Applications — Complete Guide. Gautam Narula [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.techemergence.com/machine-learning-algorithm>
6. A plan for spam. Paul Graham [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.paulgraham.com/spam.html>
7. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.indellient.com/learning-machine-learning/>
8. Mahmud Ridwan Predicting Likes: Inside A Simple Recommendation Engine's Algorithms [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.toptal.com>
9. Алгоритми машинного навчання (МН) та глибокого навчання (ГН) і їх використання в прикладних додатках. Бродкевич В. М., Ремесло В. Я. // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». — № 11. — 2018.
10. Collobert, Ronan; Weston, Jason (2008-01-01). A Unified Architecture for Natural Language Processing: Deep Neural Networks with Multitask Learning. Proceedings of the 25th International Conference on Machine Learning. ICML '08 (New York, NY, USA: ACM). с. 160–167.
11. Dr. Danko Nikolic — PhD, University of Oklahoma — Data Science and BD&A, Computer Sciences Corporation.
12. Introducing deep Learning with MATLAB [Електронний ресурс]. — Режим доступу: www.mathworks.com/
13. How to Apply Machine Learning to Business Problems. Daniel Faggella [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.techemergence.com/author/dan/>

Демченко Юлія Сергіївна
студентка магістратури
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Демченко Юлия Сергеевна
студентка магистратуры
Национального технического университета Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Demchenko Yuliia
Master's degree Student of the
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Якимчук Вікторія Сергіївна
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри БМК
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Якимчук Виктория Сергеевна
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры БМК
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Yakymchuk Viktoriia
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Assistant Professor of the BMC's Academic Department
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ДЛЯ РОБОТИ З ДАНИМИ ТА ЇХ СИНХРОНІЗАЦІЯ

АНАЛИЗ СРЕДСТВ ДЛЯ РАБОТЫ С ДАННЫМИ И ИХ СИНХРОНИЗАЦИЯ

ANALYSIS OF TOOLS FOR WORKING WITH DATA ITS SYNCHRONIZATION

Анотація. Існує безліч середовищ для роботи з базами даних. Що ж, коли прийде час з ними працювати, тоді постане питання вибору. У даній статті було виділено ряд систем для керування базами даних, деякі з них відомі, деякі менш відомі, але в кожній з них можна знайти те, що потрібно саме для обраного проекту.

Ключові слова: база даних, запити, керування, зберігання, дані.

Аннотация. Существует множество сред для работы с базами данных. Что же, когда придет время с ними работать, тогда встанет вопрос выбора. В данной статье был выделен ряд систем для управления базами данных, некоторые из них известны, некоторые менее известные, но в каждой из них можно найти то, что нужно именно для выбранного проекта.

Ключевые слова: база данных, запросы, управление, сохранение, данные.

Summary. There are many environments for working with databases. Well, when the time comes to work with them, then will arise the question of choice. This article highlighted a number of systems for managing databases, some of them are known, some are less well-known, but in each of them you can find what you need for the chosen project.

Key words: database, requests, management, storages, data.

Реляційні бази даних. MySQL є найбільш поширеною та найпопулярнішою системою серед користувачів баз даних та має дочірні системи, такі як MariaDB або Percona. Вказані дочірні системи створені для роботи з простими проектами, які наділені основними перевагами MySQL. База даних MySQL сумісна, практично, з усіма операційними системами, а саме Windows, Linux, Unix, Apple, FreeBSD тощо. Вона зберігає дані в таблицях, що групуються у базу даних, використовує структурну мову запитів (SQL) для доступу до даних та таких команд, як SELECT, UPDATE, INSERT та DELETE для управління ними. База даних MySQL підтримує різні двигуни зберігання даних, такі як InnoDB (за замовчуванням), Federated, MyISAM, Memory, CSV, Archive, Blackhole і Merge. Механізм зберігання даних InnoDB, в основному відрізняється, від інших систем MySQL, наявністю механізму транзакцій та внутрішніх ключів [1]. Формат даних InnoDB забезпечує надійне зберігання даних за рахунок транзакційності та блокування даних на рівні рядку, в чому дана система є набагато кращою, ніж колишній двигун зберігання MyISAM. На сьогоднішній день, MySQL, яка була побудована MySQL AB належить компанії Oracle [2].

PostgreSQL або Postgres також є чудовим вибором для баз даних. MySQL є більш популярною, але головним чином, з історичних причин Postgres — гарний вибір для того, щоб почати вивчати тонкощі мови програмування SQL. Прикладом цього являється те, що вона дозволяє писати користувацькі функції на різних мовах, крім SQL. Postgres також «зробив» кілька кроків на територію NoSQL (не реляційні бази даних). З Hstore (один з доступних модулів PostgreSQL) можна зберігати пари ключ-значення, не покидаючи Postgres, а починаючи з версії 9.4 можна використовувати та працювати з файлами типів JSON та JSONB, що безперечно кидає виклик багатьом систем для роботи з базами даних [3].

TokuDB — це механізм зберігання даних для MySQL, MariaDB або Percona. Він працює як заміна InnoDB, та відповідає тим же критеріям, що і його попередник. TokuDB — це інструмент, для гарного стискування даних. Зазвичай, це економить робочий простір програми в 3 рази, у порівнянні з InnoDB. Однак продуктивність роботи є незмінною, коли набір даних розміщується у оперативній пам'яті. Проте, коли дані стають занадто великими, TokuDB все ще може працювати у прийнятному режимі, у той час, коли продуктивність іншого механізму різко зменшується. Принциповою різницею між TokuDB та InnoDB є те, що перший використовує структуру даних фрактального дерева, тоді як другий — структуру даних В-дерево. Простіше кажучи, якщо дані великі та необхідно використовувати MySQL — необхідно розглянути роботу з вказаним механізмом, що покращить продуктивність [4].

Бази даних NoSQL. MongoDB — це документально-орієнтована база даних, яка не дуже популярна у використанні. Однак ця база даних розпочала поширення завдяки власній швидкості та гнучкості. Для досягнення такої високої швидкості, однією з речей, яку зробили розробники MongoDB, було видалення усіх безпечних записів за замовчуванням. Однією з причин, початку роботи з MongoDB, є те, що його гнучка схема дозволяє вносити зміни «на ходу». Впровадження версії 3.0 значно покращило продуктивність, а також наблизило відповідність баз даних до ACID з новим механізмом зберігання WiredTiger (нова система зберігання даних).

Cassandra — одна з баз даних, спеціально розроблена для обробки великих об'ємів даних. Дослідники з Університету Торонто виявили, що Cassandra була переможцем у досягненні максимальної продуктивності серед всіх експериментів [5]. Вона являє собою гібрид зберігання ключів та табличної бази даних. Таким чином, тут все ще є рядки та стовпці, але неможливо виконувати об'єднання або підзапити, якщо виконання не проходить за допомогою Hadoop.

ArangoDB — це база даних багатьох режимів, вона організовує дані у вигляді документів, графіків або пар ключ-значення. Завдяки ArangoDB, в ситуації якщо є застосунок, в якому потрібні два способи зберігання даних, не потрібно використовувати кілька баз даних, можна використовувати одну. Для отримання доступу до даних можна використати AQL (мова запитів, яка схожа з SQL). ArangoDB також надає спосіб доступу до себе безпосередньо через REST API. Якщо ви порівняєте ArangoDB з MongoDB, то перша буде більш економічно використовувати пам'ять.

Графічні бази даних. Neo4j — це база даних, спеціально призначена для зберігання всіх своїх даних по вітках і вузлах. Тобто, вона зберігає дані у вигляді графіків. Зберігання даних у такий спосіб дозволяє вирішити деякі задачі набагато швидше. Для даних, які описуються у графіках, можна зробити запит на них в 1000 разів швидше, ніж в реляційній базі даних.

OrientDB — це ще одна графічна база даних, яка дуже схожа до Neo4j. Одне з ключових відмінностей полягає в тому, що OrientDB завжди являється вільною у доступі. Зверніть увагу, що якщо ви хочете корпоративну версію Neo4j, то вона має вільну ліцензію завдяки APGL. Інша ключова відмінність полягає у тому, що OrientDB як і раніше підтримує мову SQL, де у Neo4j є власна мова запитів.

Neo4j є повнофункціональною графічною базою даних, існують й інші більш прості, такі як FlockDB. Ця база даних не намагається вирішити всі задачі з графами. Замість цього вона фокусується на обробці високої пропускну здатності з низькою затримкою. На відміну від Neo4j, вона не виконує глибокого обходу графу.

Висновок. Звичайно, яку базу даних вибрати, повністю залежить від того, яка ціль її використання поставлена перед користувачем. Для проектів в яких важливо використовувати цілісність даних використовуйте PostgreSQL. Або якщо ж це невеликий додаток — MySQL був би хорошим вибором. У ви-

падку коли пріоритетною вимогою є швидкий час доступу — краще використовувати системи з NoSQL. У Server Density опрацьовується понад 30 ТБ даних на місяць (понад 2 млрд. документів у день), і саме тут MongoDB цінується на вагу золота.

Література

1. MySQL: отличия между MyISAM и InnoDB [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://itif.ru/otlichiya-myisam-innodb/>
2. MySQL | The Most Popular Open-Source Database | Oracle InnoDB [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.oracle.com/MySQL/>
3. XML, HSTORE, JSON, JSONB — OH MY! [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://speakerdeck.com/theory/xml-hstore-json-jsonb-oh-my>
4. Benchmarking Percona Server TokuDB vs InnoDB [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.percona.com/blog/2013/05/07/benchmarking-percona-server-tokudb-vs-innodb/>
5. Rabi T., Sadoghi M., Jacobsen H.-A., Gomez-Villamor S., Munteş-Mulero V., Mankovskii S.. Solving Big Data Challenges for Enterprise Application Performance Management (2012) — Proceedings of the VLDB Endowment (PVLDB), Vol. 5, No. 12 — стр. 1724–1735.

Карпетян Анаїт Радіківна

*кандидат технічних наук, старший викладач
Черкаський державний технологічний університет*

Карпетян Анаит Радиковна

*кандидат технических наук, старший преподаватель
Черкасский государственный технологический университет*

Karapetyan Anait

*Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer
Cherkasy State Technological University*

Левчик Альбіна Андріївна

*магістрант
Черкаського державного технологічного університету*

Левчик Альбина Андреевна

*магистрант
Черкасского государственного технологического университета*

Levchyk Albina

*Master of Science
Cherkasy State Technological University*

DOI: 10.25313/2520-2057-2018-21-4470

МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РОЗРАХУНКІВ ЧЕРЕЗ МЕХАНІЗМ БЛОКЧЕЙНУ

МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РАСЧЕТОВ ЧЕРЕЗ МЕХАНИЗМ БЛОКЧЕЙН

MODEL OF REPRESENTATION OF RECKONING THROUGH THE BLOCKCHAIN MECHANISM

Анотація. У роботі розглянуто особливості роботи блокчейну на прикладі розрахунків крипто валютою, обґрунтовано необхідність використання блокчейну, досліджено особливості технології блокчейн.

Ключові слова: блокчейн, біткоїн, криптовалюта, блок.

Аннотация. В работе рассмотрены особенности работы блокчейна на примере расчетов криптовалютой, обоснована необходимость использования блокчейна, исследованы особенности технологии блокчейн.

Ключевые слова: блокчейн, биткоин, криптовалюта, блок.

Summary. The paper discusses the features of the blockchain using the example of cryptocurrency reckoning, justified the need to use blockchain, features of blockchain technology are investigated.

Key words: blockchain, bitcoin, cryptocurrency, block.

Вступ. Світ тримається на контрактах, угодах та записках про них. Це важлива частина сучасної економічної і бюрократичної машини. Вони захищають наші активи і встановлюють бар'єри для зловмисників. Вони ідентифікують учасників про-

цесів і керують взаємодією між країнами, організаціями, компаніями і простими людьми [1].

Практично скрізь грошима керують держави, починаючи від їх випуску і закінчуючи правилами поведіння та утилізації. Даний підхід має свої

плюси, але є і мінуси. Ті, кого мінуси не влаштовують, часто не мають можливості щось змінити чи покращити.

У всьому світі люди проводять торговельні угоди, які традиційно проходять через бухгалтерію, але інформація про такі угоди часто залишається конфіденційною для суспільства. Саме тому суспільство звертається до послуг сторонніх організацій, яким довіряють, щоб полегшити проведення операції. Програмне забезпечення криптовалюти дозволяє створити єдину мережу бухгалтерських книг, які не закриті, але і не належать якійсь єдиній стороні. Вона відкрита всьому суспільству і стає доступною тим, хто має вихід до цієї мережі — це називається блокчейн.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Blockchain визначається як децентралізована публічна база даних цифрових транзакцій, яка постійно здійснює запис в свій реєстр і ніколи не може бути змінена або видалена.

Існує деяка кількість перспективних блокчейн-платформ.

У роботі [2] автор зробив огляд ринку блокчейн-платформ та описав їх основні характеристики.

У роботі [3] автор порівняв та описав переваги і недоліки блокчейн-платформ.

Робота [4] присвячена міфам про блокчейн і біткойн, обґрунтуванню про те, чому це не найефективніша технологія.

У роботі [5] автором досліджено зміни курсу біткойна за весь час та для представлення графіки для наочності.

Метою статті є аналіз роботи блокчейну, його переваги та недоліки, огляд блокчейн-платформ та вибір найоптимальніших з них, для конкретних задач.

Виклад основного матеріалу дослідження. Криптовалюти привернули до себе неабияку увагу. Загальний інтерес, на відміну від очікувань розробників, пояснюється не самою технологією, а комерційними результатами проекту. Блокчейн — це та цифрова платформа, яка дає можливості для безпечного, швидкого і недорогого в обслуговуванні обігу нової форми грошових коштів.

Банківські послуги стали стартовою точкою створення альтернативних систем підтримки цифрових транзакцій, адже продукти кредитних установ на сьогодні залишають бажати кращого. Висока вартість обслуговування за умови того, що клієнти і так несуть гроші в банк. До того ж фінансові компанії не розкривають технології клієнтських додатків, але при цьому рівень їх безпеки залишається досить сумнівним.

Блокчейн і в теорії, і на практиці забезпечує користувачам наступну функціональність:

- зберігання та передачу даних користувача в децентралізованій області даних;
- ідентифікацію клієнтів на основі безпечних протоколів шифрування;

- виняток посередників в історії транзакцій;
- доступ в систему є вільним;
- рівень безпеки найвищий.

Спочатку технологія децентралізованого обміну даними користувачів була створена для функціонування криптовалюти біткоїн. Альтернативне поле для проведення транзакцій в мережі виключає таких посередників, як держава, чиновники, юристи і бухгалтери. Ще більше підігрує інтерес практична відсутність комісій (або в мінімальному розмірі) за проведення переказів.

На сьогоднішній день творцем блокчейну (в перекладі з англійської «ланцюжок блоків») вважається Сатоши Накамото, якого ніколи ніхто не бачив [6].

Робота платформи. Базова система блокчейна являє собою постійно зростаючу послідовність блоків, які розділяються між учасниками за допомогою мереж.

У кожен блок додається тимчасова відмітка (хеш-сума). Ці блоки строго в певній послідовності складаються в ланцюжки. Система відхилить ланцюг через невідповідність структури і хеш-суми, якщо відбудеться спроба змінити послідовність блоків.

Для того щоб ніхто не міг перерахувати хеш-суму, яка є правильною для системи, змінивши тимчасову позначку блокчейн використовує кілька способів захисту: Proof of Work (PoW) і Proof of Stake (PoS).

Робота блокчейну (на прикладі криптовалют)

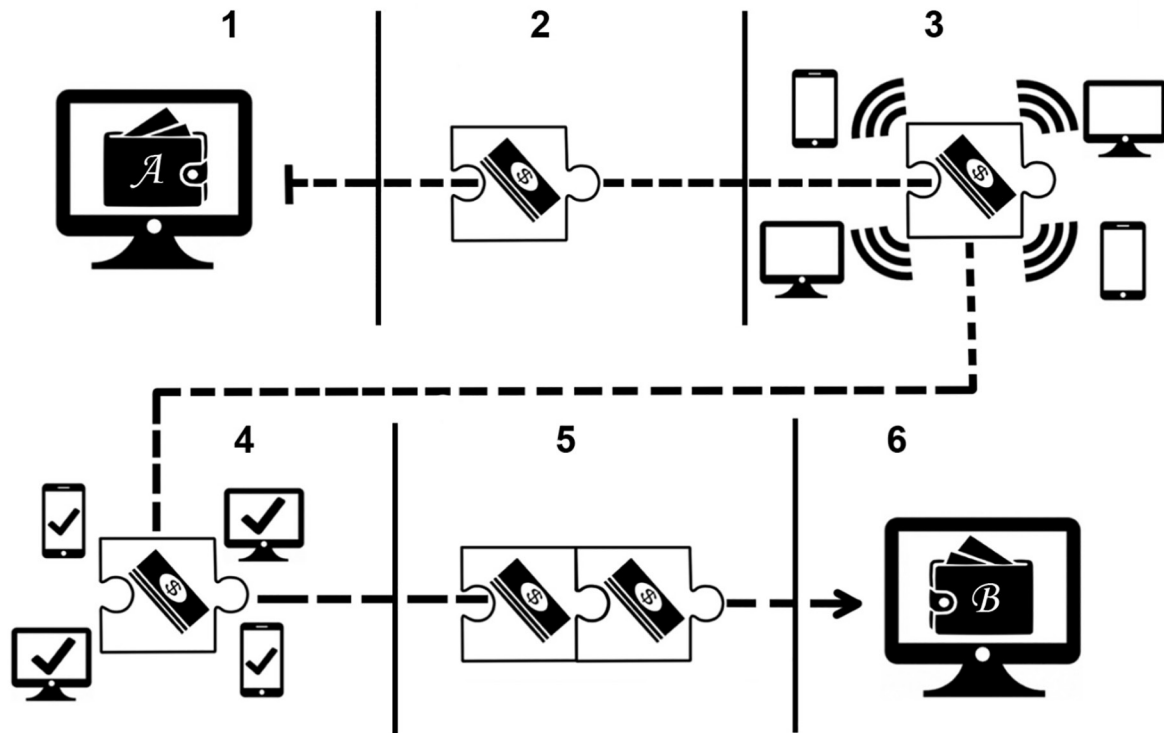
1. А хоче перевести гроші В.
2. Транзакції передаються в мережу і збираються в «блоки», кожен з яких має номер і хеш попереднього блоку.
3. Всім учасникам системи надсилаються «блоки» для перевірки.
4. Кожен з учасників записує «блок» в свій екземпляр бази даних, якщо немає помилок.
5. Тепер «блок» може бути доданий до «ланцюжку блоків», який містить інформацію про всі попередні транзакції.
6. Гроші переведені від А до В.

Учасники транзакції не можуть ввести в оману один одного. В даній системі не потрібні посередники, такі як банк. У ній немає центрального вузла, зруйнувавши який можна похитнути всю систему. Операції прозорі для її учасників, так як всі дані вносяться в одну базу.

Проблеми блокчейна

1. Швидкість і ефективність грошових операцій. Те, що пропонує блокчейн біткоїн, — Visa, Mastercard і PayPal вже сьогодні роблять в рази швидше. Час обробки транзакцій біткоїну в середньому займає від 20 хвилин до однієї години. Процес перевірки кожного блоку в ланцюзі для підтвердження надійності перекладу, змушує користувачів чекати і сподіватися, що з їх грошима все в порядку.

Від того, наскільки система буде вдосконалена залежить можливість блокчейн біткоїн



в майбутньому обслуговувати велику кількість користувачів. Поки ж ця технологія обробляє до 10 транзакцій в секунду, в той час як Visa за цей же час справляється з числом в 600 тисяч транзакцій.

Крім цього, перекази в блокчейн біткойні є незворотними і не мають підтверджень. Якщо за секунду після транзакції в PayPal, Visa або MasterCard користувач отримує SMS-повідомлення про успішність операції і поточний баланс, то тут потрібно оновлювати гаманець на протязі 10–20 хвилин, щоб перевірити чи дійсно пішли або прийшли гроші.

2. Відстеження транзакцій користувачів на публічному блокчейні. У відкритому блокчейні біткойні пропонують зробити доступною історію грошових переказів кожного користувача. Ідея досить демократична, але, якщо говоритися про впровадження даної технології на масовому рівні, постає питання наскільки це буде доречним. Якщо криптовалютою будуть користуватися не тільки фізичні особи, а й великі компанії, чи захочуть їх власники ділитися тим, коли і на що вони витрачали свої гроші.

3. Зростання цифрового обсягу блокчейна. Про цей мінус технології говорив не тільки Кай Стінчкомб, а й експерт Лабораторії Касперського Олексій Маланов в своїй статті «Шість міфів про блокчейн і біткойн, або Чому це не така вже й ефективна технологія».

Для того, щоб самостійно користуватися технологією, а не довіряти серверам бірж і їх криптогаманцям які часто банкрутують, користувачі змушені зберігати на своїх комп'ютерах дані всіх транзакцій. У біткойні ці дані займають вже більше 150 Гбайт, причому основний стрибок стався в ос-

танні два роки, коли кількість грошових операцій в цій криптовалюті стрімко збільшилася.

В цілому, блокчейн — дійсно інноваційне впровадження, за допомогою якого вже функціонують спрощені і вдосконалені бази даних, а також просунуті комп'ютерні системи. Але, чи зможе технологія замінити сучасні банківські системи і контролювати складні економічні процеси — питання тільки можливостей її розвитку і потреб людини [7].

Сфери застосування. Крім криптовалюти, технологія блокчейна вже привертає увагу навіть старих фінансових інститутів.

Один із способів застосування — розумні контракти, які прибирають безліч юридичної тяганини. Наприклад, електронний нотаріус Stampery запевняє угоди за допомогою блокчейна.

Ще один спосіб використання — це сфера авторського права і особистих даних. Сервіс Ascribe допомагає художникам і іншим творчим людям підтвердити своє авторство за допомогою блокчейна.

В цілому, областей застосування блокчейна дуже багато — від торгівлі золотом, до створення систем розподілу енергії та систем парламентських голосувань [8].

Висновок. Виходячи з вище описаного можна сміливо стверджувати, що блокчейн за останні роки став дійсно інноваційним проривом. Враховуючи інтерес до даної цифровій платформі, це доводить, що її прогрес та розвиток будуть набирати оберти і в подальшому. Блокчейн дійсно не має конкурентів з безпеки і відкритості записів проведених транзакцій, але так як це досить нова технологія, в ній присутні і мінуси, такі як швидкість обробки даних, відстеження транзакцій, збільшення цифрового обсягу блокчейна.

Література

1. Криптовьюматика 2.0 / А. Марков, А. Антонов // Москва. — 2018. — С. 10.
2. Newico.Exchange [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://newico.exchange/ru/news/blokcheyn-platformy.html>.
3. Майнинг Криптовалюты [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://mining-cryptocurrency.ru/sravnenie-blokcheynov-ethereum-stellar-eos-neo-nem>
4. habr [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://habr.com/company/kaspersky/blog/336036>
5. coinnet [Электронный ресурс]. — Режим доступа <https://coinnet.ru/grafik-kursa-bitkoina>
6. Status men. Мужской журнал [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://statusmen.ru/science/blockchain-istorija>
7. Новое время [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://nv.ua/techno/technoblogs/tri-ubiystvennyh-problemy-blokcheyna-2465554.html>
8. Revolver Lab [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://revolverlab.com/how-its-works-blockchain-6d0355c43bfc>.

Кіблик Дмитро Олександрович
студент

*Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Киблик Дмитрий Александрович
студент

*Национального технического университета Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Kiblyk Dmitry

Student of the

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕГРАДАЦІЇ ПІД ВПЛИВОМ РАДІАЦІЇ НА HD-КАМЕРІ НА ОСНОВІ МАТРИЦІ CMOS

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕГРАДАЦИИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РАДИАЦИИ НА HD-КАМЕРУ НА ОСНОВЕ МАТРИЦЫ CMOS

INVESTIGATION OF RADIATION DEGRADATION ON A CMOS MATRIX BASED HD-CAMERA

Анотація. У статті досліджуються деградація під впливом іонізаційного випромінювання на HD камері. Всі компоненти випробуваної камери були виготовлені без радіаційного захисту, крім об'єктива. Під час експерименту ми виявили, що випробувана камера показала значну деградацію після опромінення та відрізнялася від потужності дози. Зі збільшенням потужності дози ці зображення стають яскравішими. Крім того, за допомогою прогресивного аналізу деградації захопленого зображення експериментальні результати показують, що загасання співвідношення сигнал / шум (SNR) у порівнянні з часом випромінювання не є очевидним при тій самій потужності дози, а деградація все більш серйозною з підвищенням потужності дози.

Ключові слова: іонізаційне випромінювання датчик зображення CMOS, потужність дози, камера HD.

Аннотация. В статье исследуются деградация под влиянием ионизации излучения на HD камере. Все компоненты испытанной камеры были изготовлены без радиационной защиты, кроме объектива. Во время эксперимента мы обнаружили, что испытанная камера показала значительную деградацию после облучения и отличалась от мощности дозы. С увеличением мощности дозы эти изображения становятся ярче. Кроме того, с помощью прогрессивного анализа деградации захваченного изображения экспериментальные результаты показывают, что затухание соотношения сигнал / шум (SNR) по сравнению со временем излучения не является очевидным при той же мощности дозы, а деградация все более серьезной с повышением мощности дозы.

Ключевые слова: Ионизационных излучения датчик изображения CMOS, мощность дозы, камера HD.

Summary. The article deals with degradation under the influence of ionization radiation on an HD camera. All components of the test chamber were made without radiation protection, except for the lens. During the experiment, we found that the tested camera showed significant degradation after irradiation and differed from the dose rate. As the dose rate increases, these images become brighter. In addition, with the help of the progressive analysis of the degradation of the captured image, experimental results show that the signal-to-noise ratio (SNR) attenuation compared to the radiation time is not obvious at the same dose rate, and degradation is more and more serious with increasing dose capacity.

Key words: Ionizing radiation CMOS image sensor, dose rate, HD camera.

Постановка проблеми. Датчики зображення CMOS (CISs) швидко розвивалися в останні роки, скориставшись зменшенням розміру транзисторів. Тепер CIS мають багато переваг, таких як низьке енергоспоживання, широкий динамічний діапазон, низький рівень шуму, висока частота кадрів, висока швидкість передачі даних та просте управління послідовністю синхронізації [1–4]. Зокрема, CISs з радіаційним захистом (RH-CIS) широко використовувались для відеоспостереження під час переривань реакторів атомних станцій та застосувань космічних детекторів на супутниках через їх загальну вищу толерантність до випромінювання порівняно з загальними CISs [5–7]. Тим не менш, загальні CISs мають меншу вартість, більш високу просторову роздільну здатність, більш низький темп струму та більшу надійність, а збиток від ядерної радіації є прийнятним у конкретній середовищі з низькою дозою [8–11]. Аналіз деградації ядерного випромінювання спільної CMOS-камери може стати важливим доказом для проектування та вибору камери, що застосовується в області випромінювання. Тому необхідно проаналізувати деградацію ядерного випромінювання спільної CMOS-камери.

Огляд останніх досліджень і публікацій. Наразі існує велика кількість наукових праць, які стосуються даної теми. Зокрема, Goiffon представили TID проти пошкоджень DD в CISs, індукційним протонним випромінюванням [12]. Leonello Servoli вивчали прогресивне пошкодження CIS без радіаційного зміцнення [13]. Чжун Ванг та співавтор повідомляють про деградацію 3T CIS, виготовлених за технологією 0,35 мкм, індукційним TID-опроміненням при 7,2 та 1800,0 Гр (Si)/год і неупереджених умовах [14]. Незважаючи на те, що в кількох статтях досліджується TID-індукційна деградація в CISs, деякі статті зосереджені на впливі потужності дози, на якість зображення HD-камери на основі CIS.

Формулювання завдання дослідження. Завдання роботи полягає у підтвердженні деградації продуктивності на HD CMOS-камери з різною потужністю дози. По-перше, деградація зображення спостеріга-

ється і фіксується випромінюючими експериментами. Потім, на основі аналізу даних з використанням MATLAB, ми досліджуємо результати деградації та процес випробуваної камери, індуктивним пошкодженням TID, і повідомляється SNR в порівнянні з потужністю дози. Нарешті, запропоновані пропозиції HD CMOS-камери представлені інтуїтивним аналізом вихідних даних камери для користувачів камери в області випромінювання.

Виклад основного матеріалу. Промислова камера, що випробовується, в основному складається з об'єктива із збільшеним збільшенням, модуль камери на рівні дошки, блок збору даних та системне програмне забезпечення. Всі частини камери розміщені в звичайній оболонці алюмінієвого сплаву. Об'єктив доступний у модулі камери на основі 2/3 «прогресивного сканування CIS і підтримує C-mount, як показано в Рис. 1. Щоб уникнути впливу об'єктива на випробування, вибрана лінза була високо стійкою до випромінювання. Крім того, він був виготовлений з оптичного скла ZF7, який є радіаційним твердим матеріалом; тобто, підсвічування або зміна кольору не відбудеться, коли об'єктив піддається впливу випромінювання. Товщина скла становить близько 62 мм, що визначається довжиною лінзи. Радіаційна стійкість лінзи гарантує, що її затухання не є очевидним під час вимірювань, а ефект затухання на експеримент можна ігнорувати.

Рис. 2 що модуль камери HD складається в основному з CIS, FPGA контрольного мікросхеми та пристрою зв'язку. CIS є зображенням компонентів камери, і може захоплювати процес деградації камери. У цьому документі вибирається CMV2000, виготовлений за стандартною технологією CIS0,168 мкм від компанії CMOSIS, завдяки високій чутливості, низькому рівню шуму та високій якості. Масив зображення в CIS складається з 2048 × 1088 пікселів розміром 5,5 мкм × 5,5 мкм. Піксель має найсучаснішу архітектуру, яка пропонує корельовані подвійні вибірки (CDS) на основі фронт-кінця фотодіаду 4T, що значно знижує фіксований шум та темний шум. Піксель контролюється за допомогою глобального затвора з конвеером 8T, що дозволяє експозиції під



Рис. 1. Об'єктив для тесту

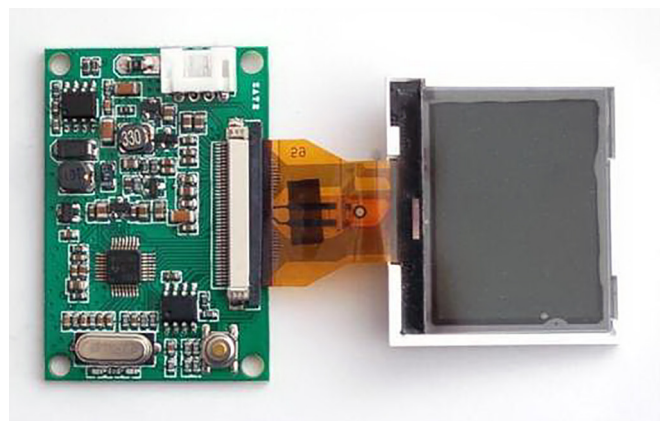


Рис. 2. Модуль HD камери під випробуванням

час читання поліпшити частоту кадрів. Чіп та блок зв'язку FPGA також опромінюються гамма-променями. Було доведено, що FPGA на основі Flash на 20% зниження робочої частоти може нормально працювати під час TID800 Гр. FPGA використовувався для реалізації синхронізації та цифрового читання сигналу датчика зображення.

Експериментальні подробиці

П'ять камер HD опромінюються γ -фотонами, виробленими джерелом гамма-випромінювання Cobalt-60 (у Китайському ізотопі та радіації корпорації, Ченду, Китай) при кімнатній температурі. Коефіцієнт дози випробувального положення калібрується за допомогою Срібного діхроматного дозиметра перед випробуванням на опромінення. Камери мають серійні номери від A01 до A05, а всі CISs походять з того ж партії. Камери опромінюють при температурі 1,0, 10,0, 20,0, 50,0 та 100,0 Гр/год протягом 8 годин. Це тому, що камера зі швидкістю 100,0 Гр/год не може вижити після більш ніж 8 годин; Тобто, після цього періоду часу зображення не виводиться. Тести на кожен камеру зайняли таку ж кількість часу. У роботі представлені умови експерименту випромінювання та серійний номер тестованих камер Табл. 1. Всі камери постачаються з 12 В постійного струму та можуть виводити відеосигнал у реальному часі.

Таблиця 1

Умови випробувань випромінювання та серійні номери випробуваних камер

Номер камери	Стан смуги	Швидкість дози (Гр/год)	Загальна доза (Gy)
A01	Упередженість	1.0	8.0
A02	Упередженість	10.0	80.0
A03	Упередженість	20.0	160.0
A04	Упередженість	50,0	400.0
A05	Упередженість	100,0	800.0

Метод випробувань, використаний у цьому документі, полягає в наступному: по-перше, у всьому спрямовує джерело світла, щоб забезпечити достатню кількість світла поля для тестування. Перемикач джерела світла можна регулювати для вимірювання темряви датчика. Потім дані п'яти камер постійно записуються у відеопотік під час прогресивного руйнування, відповідно. Для порівняння SNR камер до, під час та після випромінювання, відеопотік включає зображення в трьох умовах. Нарешті, рівень деградації фотокамери розраховується як стандарт Європейської асоціації візуалізаторів машин (EMVA) 1288.

Аналіз даних

Коефіцієнт дози є постійним значенням для кожної камери в межах певного просторового діапазону під час випробування на опромінення. Щоб

уникнути впливу TID на аналіз потужності дози, перед випробуванням на опромінення джерело світла вимикається. На початку тесту на опромінення всі онлайн-кадри фіксуються за п'ятьма різними потужними дозами для вимірювання гармошок одночасно, відповідно. Відповідні зображення можна побачити в а-е. Потім джерело світла негайно вмикається. Зображення також схоплені за п'ятьма різними значеннями дози, відповідно. У полі перегляду камери розташовані відносно яскраві та темні області з однорідним фоном. Схоплені зображення можна побачити в Рис. 4 а-е.

Один темний диск та дві відносно яскраві кільця відповідають об'єкту пікселя у полі перегляду, а білі крапки — це протони, виявлені камерою. Для того, щоб інтуїтивно оцінити вплив радіації на об'єкт при різних потужності дози, горизонтальний поперечний рівень значень пікселів в Рис. 4 а-е обчислено. Відповідне порівняння горизонтального перерізу значень пікселів показано в Рис. 5 а-d, відповідно. Один з помітних ефектів від ядерного радіаційного ураження є те, що чим яскравіше піксель, тим менше ефект випромінювання при однаковій потужності дози, і навпаки. Результати також показують, що при збільшенні потужності дози загальні сірі значення зображення зростають; а саме, ці ж зображення стають яскравішими.

Щоб детально вивчити такий ефект, ми використовуємо гістограми зображень для аналізу розподілу шумів. Велика прямокутна коробка відповідає темній області, а маленька відповідає світлій області Рис. 4 а-е. Використовуючи гістограму зображення, результати аналізу з п'ятьма різними значеннями дози показані в Рис. 6, відповідно. Згідно з На рисунку 6 ми можемо зробити наступні висновки: при однаковій потужності дози в порівнянні з темною областю ефект випромінювання в яскравій області нижчий, а відповідна дисперсія менша. Під дією різних рівнів дози, чим більше потужність дози, тим гірша ефект випромінювання в яскравому та темному областях, а відповідні дисперсії стають більшими. Варто зазначити, що з збільшенням потужності дози, середні значення цих двох ділянок також стають більшими, відповідно. Це вказує на те, що зображення стають яскравішими. Це явище добре узгоджується з результатами аналізу в Росії Рис. 5. Це означає, що динамічний діапазон зображення зменшується, а саме, динамічні характеристики системи йдуть погано. Результати також показують, що чим вище потужність дози, тим більше дисперсія шуму знаходиться в області випромінювання, а саме, якість зображення зменшується із збільшенням радіаційного шуму. Це явище добре узгоджується з візуальним спостереженням в Росії Рис. 4.

Неперервний аналіз деградації

Безперервне отримання даних під час процедури опромінення було використано для запису прогресивного

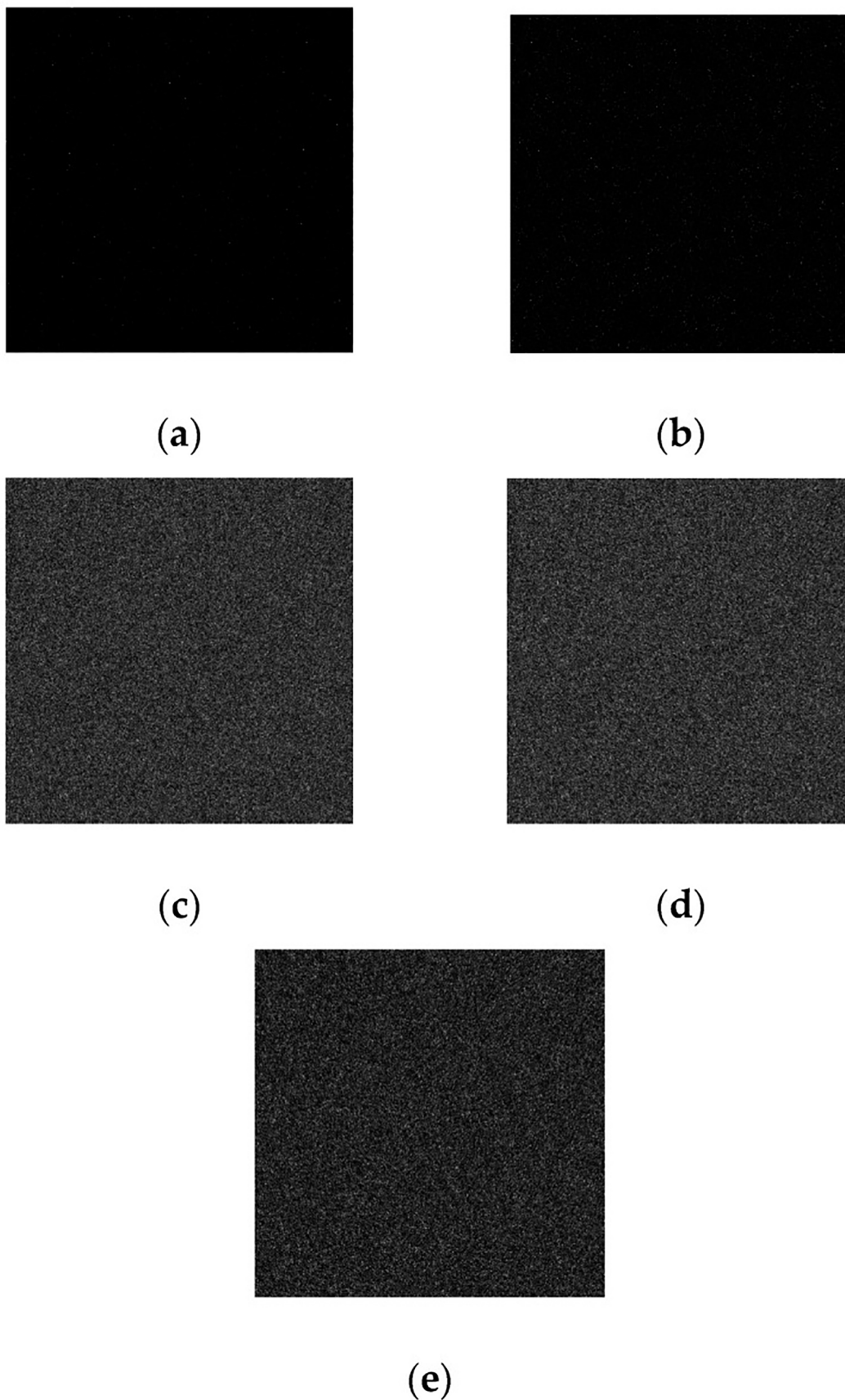


Рис. 3. Знімки, отримані без джерела світла, за умови п'яти доз, відповідно
(a) Зображення придбано при 1,0 Гр/год. (б) Зображення придбано при 10,0 Грн/год. (в) зображення отримане при 20,0 Гр/год. (г) зображення отримане при 50,0 Гр/год. (е) зображення отримане при 100,0 Гр/год.

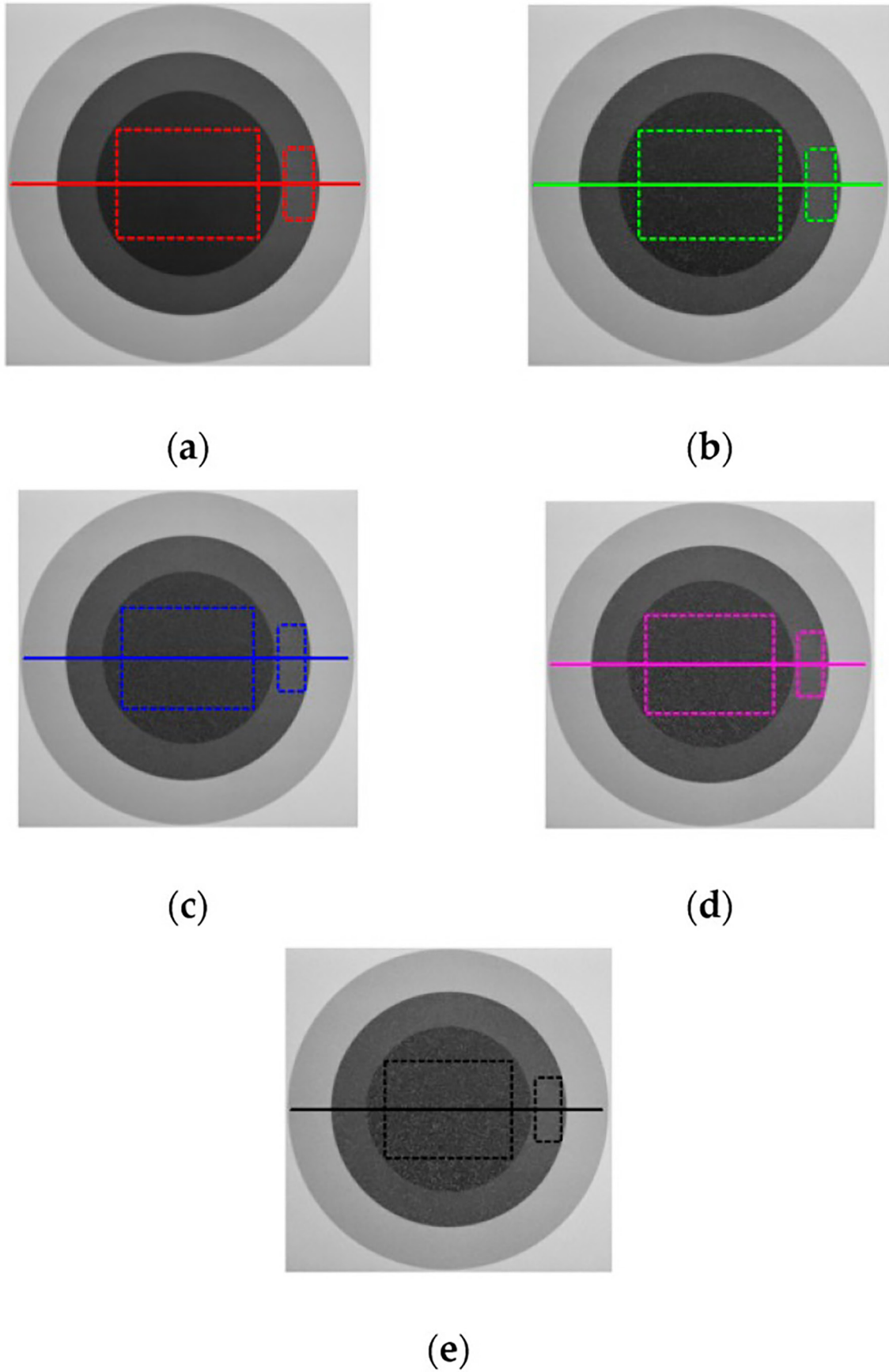


Рис. 4. Зображення, придбані джерелом світла, за умови п'яти доз, відповідно
(а) Зображення придбано при 1,0 Гр/год. (б) Зображення придбано при 10,0 Грн/год. (в) зображення отримане при 20,0 Гр/год. (г) зображення отримане при 50,0 Гр/год. (е) зображення отримане при 100,0 Гр/год.

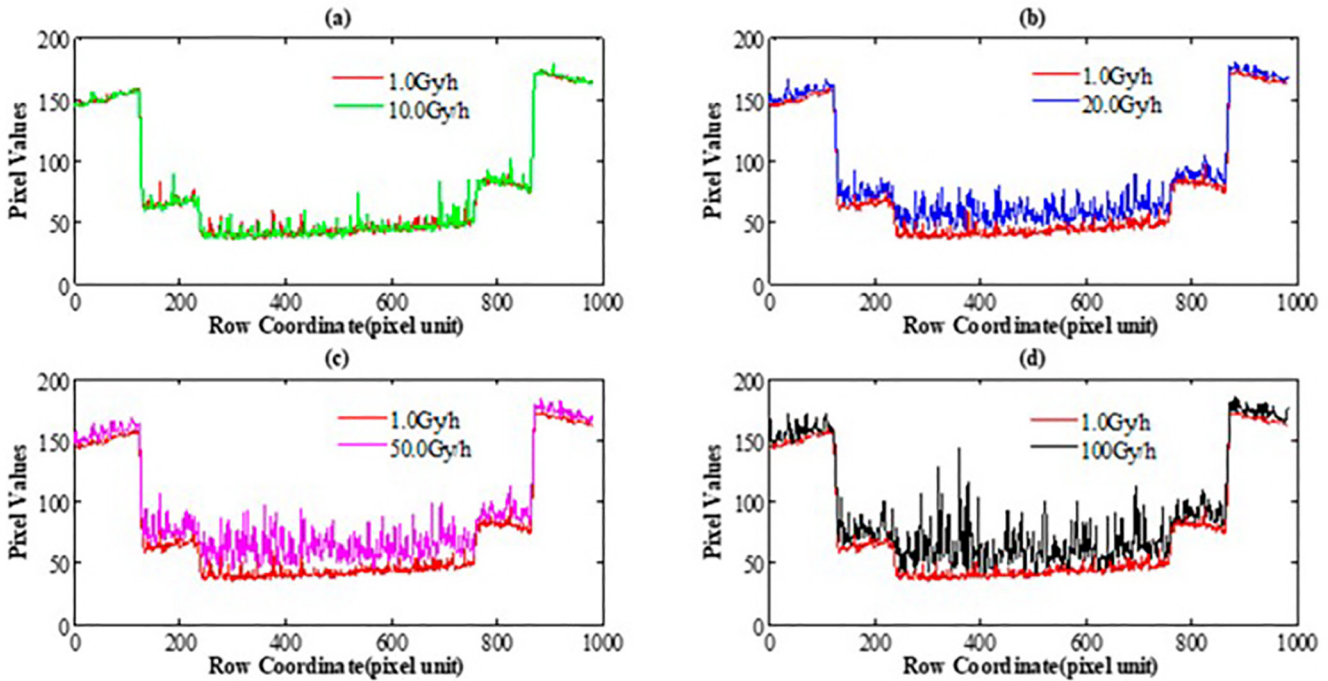


Рис. 5

- (а) Порівняння горизонтального перерізу в Рис. 4а (червона солідна лінія) і Рис. 4б (зелена суцільна лінія).
- (б) Порівняння горизонтального перерізу в Рис. 4а (червона солідна лінія) і Рис. 4с (синя тверда лінія).
- (в) Порівняння горизонтального перерізу в Рис. 4а (червона солідна лінія) і Рис. 4д (рожева суцільна лінія).
- (г) Порівняння горизонтального поперечного перерізу в Рис. 4а (червона солідна лінія) і Рис. 4е (чорна суцільна лінія)

сивного зносу камери в робочих умовах. SNR означає якість вихідного сигналу в камері на базі CISs. Як змішана сигнальна схема, SNR є ключовим параметром камери. SNR може бути вказано як:

$$SNR = 20 \lg \left(\frac{V_{Sig}}{V_N} \right)$$

де V_{Sig} означає вихідний сигнал, V_N означає весь шум на заданому рівні сигналу.

Згідно з стандартом EMVA1288, по-перше, ми визначаємо середнє сіре значення яскраво-темної ділянки прямокутника у знімному зображенні відповідно:

$$\begin{cases} \mu_{y,bright} = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} y_{bright} [m] [n] \\ \mu_{y,dark} = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} y_{dark} [m] [n] \end{cases}$$

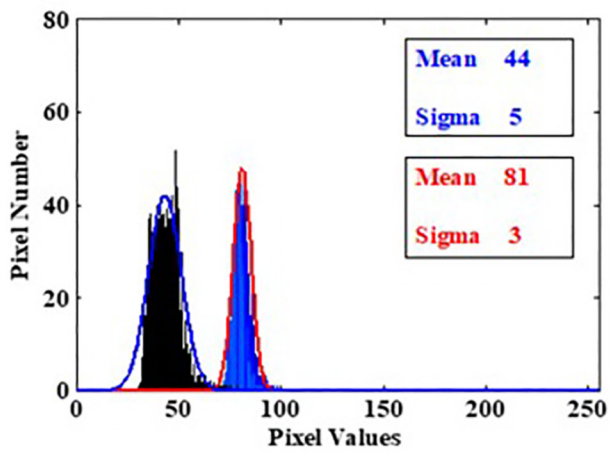
де M і N є кількість рядків і стовпців, відповідно, яскравою прямокутної область y_{bright} і темна область прямокутника y_{dark} . m та n — індекси рядка та стовпця масиву, відповідно.

Тоді SNR яскравої та темної області прямокутника задаються як [15]:

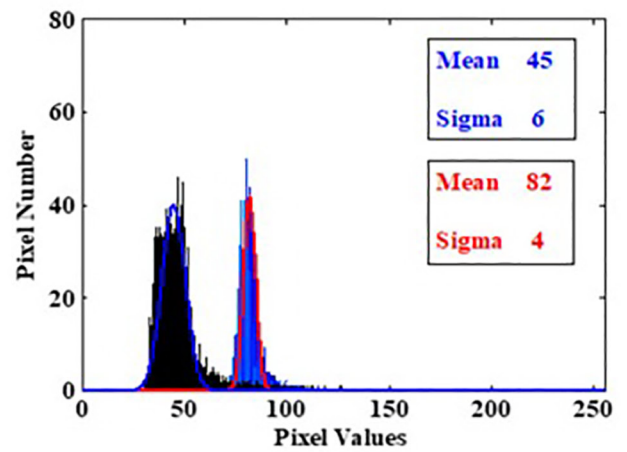
$$\begin{cases} SNR_{bright} = 20 \lg \left(\frac{\mu_{y,bright} - \mu_{y,D}}{\sigma_{y,bright}} \right) \\ SNR_{dark} = 20 \lg \left(\frac{\mu_{y,dark} - \mu_{y,D}}{\sigma_{y,dark}} \right) \end{cases}$$

де $\mu_{y,D}$ середнє сіре значення у зображеному відповідному зображенні без джерела світла, $\sigma_{y,bright}$ і $\sigma_{y,dark}$ є стандартним відхиленням сірого значення яскраво-темної області прямокутника, відповідно.

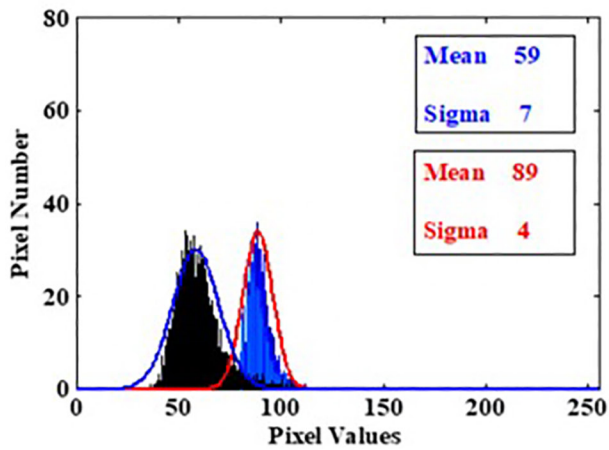
Оскільки SNR пов'язаний із ступенем насичення датчиків, ми виміряли SNR_{bright} і SNR_{dark} при цьому час інтеграції (20 мс) та однакова інтенсивність світла в цьому документі. SNR_{bright} і SNR_{dark} при різних рівнях дози можна побачити в Рис. 7. Згідно з На рисунку 7 можна зробити висновок, що ослаблення обох SNR_{bright} і SNR_{dark} не є очевидними при збільшенні часу випромінювання за умови однакової потужності дози протягом 8 годин вимірювань. Між тим, SNR_{bright} набагато краще, ніж SNR_{dark} при однаковій потужності дози. Це явище добре узгоджується з результатами аналізу в Росії Рис. 6. І зменшення SNR_{bright} і SNR_{dark} залежить від потужності дози, як показано в Рис. 7. SNR_{bright} і SNR_{dark} зниження при 20,0, 50,0 і 100,0 Гр/год набагато більше, ніж на рівні 1,0 і 10,0 Гр/год. Варто відзначити, що зменшення SNR_{bright} і SNR_{dark} при 10.0 Gy/h все ще легкі, і їх ослаблення становить не більше 5 дБ. Він вище 40 дБ, що відповідає потребам загального моніторингу за якістю зображення.



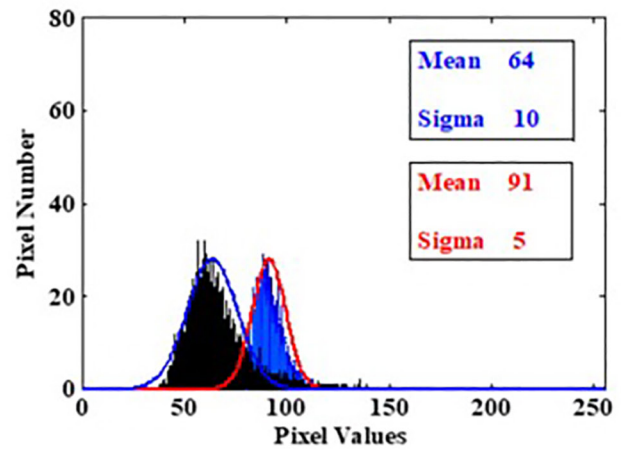
(a)



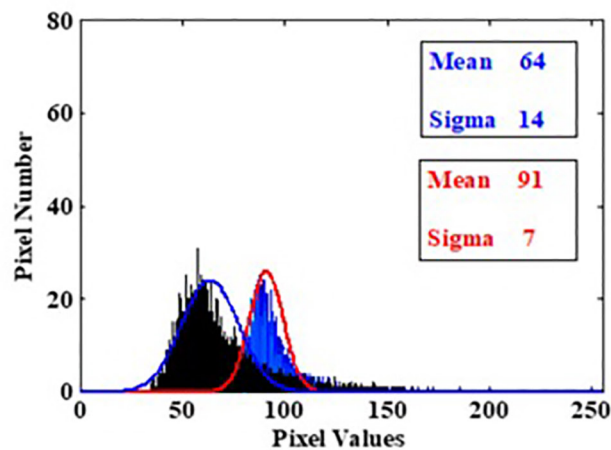
(b)



(c)

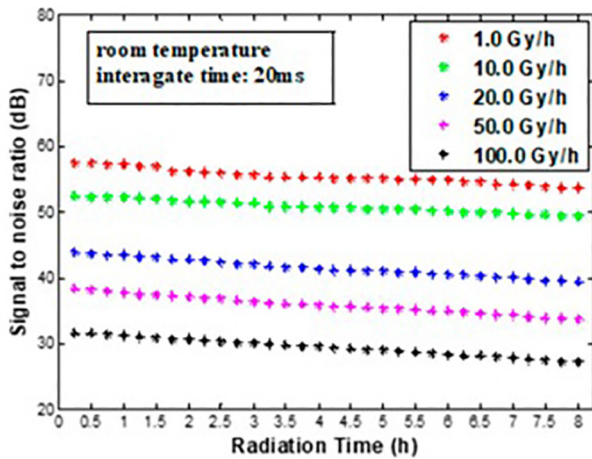


(d)

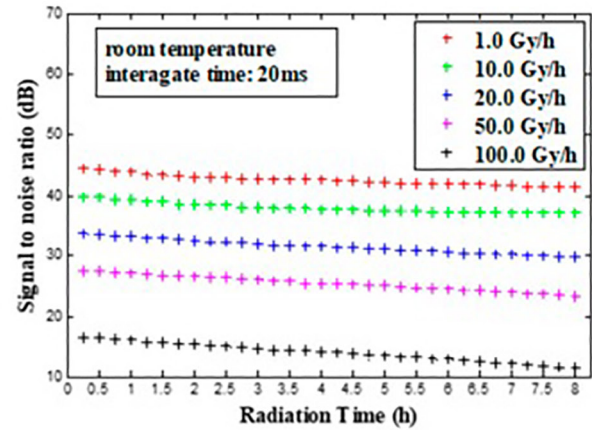


(e)

Рис. 6 (а) Порівняння гістограми темних і яскравих областей прямокутника в Рис. 4 а. (б) Порівняння гістограми темних і яскравих областей прямокутника в Рис. 4 б. (в) порівняння гістограми темних і яскравих областей прямокутників в Рис. 4 с. (г) порівняння гістограми темних і яскравих областей прямокутника в Малюнок 4 д. (е) Порівняння гістограми темних і яскравих областей прямокутника в Рис. 4 е.



(a)



(b)

Рис. 7

(a) SNR_{bright} в порівнянні з часом випромінювання при різних ступенях дози.
 (b) SNR_{dark} в порівнянні з часом випромінювання при різних ступенях дози

Варто відзначити, що зменшення обидвох SNR_{bright} і SNR_{dark} залежить від частоти дозування в наших вимірах. Це відрізняється від результатів в умовах об'єктивності в посиленнях [14]. Цілком можливо, що пар електронно-дірчастих фотодіодів, зроблених випромінюванням, складніше піддаватися при дії електричного поля, створеного упередженим станом. Отже, сенсори набагато чутливі до потужності дози та ТІД при упередженому стані.

Висновки. У цій роботі ми досліджували деградацію ядерного випромінювання на HD CMOS-камери в умовах упередження на рівні 1,0, 10,0, 20,0, 50,0 та 100,0 Гр/год при кімнатній температурі. Основний модуль HD CMOS-камери — це CISs, виготовлений з використанням стандартної технології CMOS з частотою 0,18 μm з чотирьох-транзисторною піксельною архітектурою PPD без радіаційного зміцнення. Камера постійно отримувала дані під час опромінення, дозволяючи вимірювати пошкоджуючі ефекти в робочих умовах. Поведінка випробуваних камер показує помітне погіршення після опромінення і відрізняється від потужності дози.

Під час опромінення один видимий ефект камери, випромінюваний променями ^{60}Co γ полягає

в тому, що чим яскравіше піксель, тим менше ефект випромінювання при однаковій потужності дози. Чим вище потужність дози, тим більша роздільна здатність шуму зони випромінювання знаходиться на початку випробування на опромінення. Проте аналіз деградації радіації не є достатньо комплексним. Тест не робить різниці між ТІД і внесенням потужності дози до ефекту радіації. Фактично, ТІД може бути основною причиною зміни шуму, що виникає в області випромінювання. У майбутньому, для підтвердження висновку потрібно буде провести більш радіаційні експерименти одного і того ж ТІД.

Аналізуючи SNR зображення, ми отримаємо, що загасання SNR не є очевидним з часом збільшення випромінювання, а зниження SNR залежить від потужності дози. Незважаючи на це, зниження SNR на 10,0 Гр/год залишається м'яким, а його загасання становить 5 дБ. Отже, індустріальна камера HD, заснована на спільних країнах CISs, може бути доцільною для деяких застосувань, де задіяні іонізуючі випромінювання з помірним радіаційним ураженням.

Література

1. Nie K., Yin Z., Xu J. A fast correlated multiple sampling technique based on 12-bit SAR ADC with digital calibration for low-noise CMOS image sensor. *Microelectron. J.* 2017;59:47–54. doi: 10.1016/j.mejo.2016.11.010.
2. Liu Y., Xing D., Wang Y., Chen J. A low power dissipation high-speed CMOS image sensor with column-parallel sigma-delta ADCs. *Microelectron. J.* 2015;46:860-868. doi: 10.1016/j.mejo.2015.06.021.
3. Kawahito S., Seo M. Noise Reduction Effect of Multiple-Sampling-Based Signal-Readout Circuits for Ultra-Low Noise CMOS Image Sensors. *Sensors.* 2016;16:1867 doi: 10.3390/s16111867.
4. Yu C., Nie K., Xu J., Gao J. A Low Power Digital Accumulation Technique for Digital-Domain CMOS TDI Image Sensor. *Sensors.* 2016;16:1572 doi: 10.3390/s16101572.

5. Snoeys W., Rinella G., Hillemanns H., Kugathasan T., Mager M., Musa L., Riedler P., Reidt F., Hoorne J., Fenigstein A., Leitner T. A process modification for CMOS monolithic active pixel sensors for enhanced depletion, timing performance and radiation tolerance. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A.* 2017;871:90-96. doi: 10.1016/j.nima.2017.07.046.
6. Mamdy B., Lu G., Roy F. P-type BSI Image Sensor with Active Deep Trench Interface Passivation for Radiation-hardened Imaging Systems. *Procedia Eng.* 2016;168:176–180. doi: 10.1016/j.proeng.2016.11.211.
7. Yang X., Wang Y., Du B., Yu C. Total dose radiation effects of hybrid bulk/SOI CMOS active pixel with buried channel SOI source follower. *Microelectron. J.* 2014;45:477-481. doi: 10.1016/j.mejo.2014.02.021.
8. Michail C., Valais I., Seferis I., Kalyvas N., Fountos G., Kandarakis I. Experimental measurement of a high resolution CMOS detector coupled to CsI scintillators under X-ray radiation. *Radiat. Meas.* 2015;74:39-46. doi: 10.1016/j.radmeas.2015.02.007.
9. Pérez M., Lipovetzky J., Haro M., Sidelnik I., Blostein J., Bessia F., Berisso M. Particle detection and classification using commercial off the shelf CMOS image sensors. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A.* 2016;827:171-180. doi: 10.1016/j.nima.2016.04.072.
10. Uher J., Holy T., Jakubek J., Lehmann E., Pospisil S., Vacik J. Performance of a pixel detector suited for slow neutrons. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A.* 2005;542:283-287. doi: 10.1016/j.nima.2005.01.149.
11. Lee C., Huang H., Yeh H. The Development of Sun-Tracking System Using Image Processing. *Sensors.* 2013;13:5448–5459. doi: 10.3390/s130505448.
12. Goiffon V., Magnan P., Saint-Pé O., Bernard F., Rolland G. Ionization versus displacement damage effects in proton irradiated CMOS sensors manufactured in deep submicron process. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A.* 2009;610:225–229. doi: 10.1016/j.nima.2009.05.078.
13. Servoli L., Bizzarri F., Passeri D. Continuous measurement of radiation damage of standard CMOS imagers. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A.* 2011;658:137-140. doi: 10.1016/j.nima.2011.04.059
14. Wang Z., Ma Y., Liu J., Xue Y., He B., Yao Z., Huang S., Liu M., Sheng J. Degradation and annealing studies on gamma rays irradiated COTS PPD CISs at different dose rates. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A.* 2016;820:89–94. doi: 10.1016/j.nima.2016.03.006.
15. European Machine Vision Association (EMVA) EMVA 1288. [(accessed on 1 December 2017)].

Кравчук Надія Миколаївна

*кандидат технічних наук, доцент кафедри
технології ресторанної і аюрведичної продукції
Національний університет харчових технологій*

Кравчук Надежда Николаевна

*кандидат технических наук, доцент кафедры
технологии ресторанной и аюрведической продукции
Национальный университет пищевых технологий*

Kravchuk Nadiia

*Candidate of Technical Science, Assistant Professor of
Technology of Restaurant and Ayurvedic Products Department
National University of Food Technologies*

Редько Олександр Дмитрович

*студент
Національного університету харчових технологій*

Редько Александр Дмитриевич

*студент
Национального университета пищевых технологий*

Redko Alexander

*Student of the
National University of Food Technologies*

КАВБУЗ – ПЕРСПЕКТИВНА СИРОВИНА ДЛЯ СОЛОДКИХ СТРАВ

КАВБУЗ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ СЛАДКИХ БЛЮД

KAVBUZ – PERSPECTIVE RAW MATERIAL FOR DESSERTS

Анотація. Розглянуто необхідність та доцільність використання кавбуза в солодких стравах, зокрема у технології виробництва солодких страв, а саме самбуків. Оскільки, у виробництві десертів нетривалого зберігання використовують баштанні культури – джерело біологічно активних речовин (БАР), тому їх споживання має велике значення. Перелік сировини, яка регламентується до використання у виробництві десертів обмежений, тому вважаємо за доцільне використання кавбуза, що буде актуальним не тільки з точки зору розширення асортименту десертів, але як джерела БАР.

Ключові слова: фруктові десерти, фруктово – ягідні десерти, кавбуз, гібрид кавуна, гарбуз.

Аннотация. Рассмотрена необходимость и целесообразность использования кавбуза в сладких блюдах, в частности в технологии производства сладких блюд, а именно самбуков. Поскольку, в производстве десертов непродолжительного хранения используют бахчевые культуры – источник биологически активных веществ (БАВ), поэтому их потребление имеет большое значение. Перечень сырья, который регламентируется к использованию в производстве десертов ограничен, поэтому считаем целесообразным использование кавбуза, что будет актуальным не только с точки зрения расширения ассортимента десертов, но и как источник БАВ.

Ключевые слова: фруктовые десерты, фруктово – ягодные десерты, кавбуз, гибрид арбуза, тыква.

Summary. The necessity and expediency of using kavbuz in sweet dishes, in particular, in the technology of production sweet dishes, namely sambukov, is considered. As far as in the production of short-term storage desserts, melon cultures are used as the source of biologically active substances (BARs), so their consumption is of great importance. The list of raw materials that are regulated for use in the production of desserts is limited, so we consider it expedient to use a kavbuz, which will be relevant not only in terms of expanding the range of desserts but as sources of BAR.

Key words: fruit desserts, fruit – berry desserts, kavbuz, watermelon hybrid, pumpkin.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Найважливішим завданням організації харчування населення продовжує залишатися, поряд з підвищенням його якості, раціональне використання ресурсів, у першу чергу, овочів та фруктів, як основного джерела біологічно активних речовин (БАР).

За рахунок збереження багатого комплексу БАР сировини з'являється можливість споживання продуктів із високою харчовою цінністю.

За складом і способом приготування солодкі страви класифікують на: холодні (температура подачі 12...14 °С); гарячі (температура подачі 70...75 °С).

Холодні страви, в свою чергу, поділяють на: плоди і ягоди свіжі та швидкозаморожені, компоти, киселі, желе, муси, самбуки, креми, морозиво.

До гарячих відносяться: суфле, пудинги, страви з яблук, борошняні солодкі страви та інші.

Споживачів часто цікавлять фруктові десерти зі свіжими фруктами чи ягодами, але їх асортимент вітчизняного виробництва на ринку України надто обмежений порівняно з іншими видами десертів, які мають більш тривалий термін зберігання.

Фруктово-ягідні десерти закордонного виробництва, якими сьогодні наповнений вітчизняний ринок, невисокої харчової цінності та містять великий вміст консервантів та штучних барвників.

Одним із шляхів удосконалення технологічних властивостей продукції харчування є використання для її виробництва традиційної і нетрадиційної сировини, яка багата БАР.

Для виробництва десертів використовують різноманітну сировину: зерняткові (яблука), кісточкові (вишню), ягоди (чорноплідну горобину та чорну смородину). В основному, асортимент сировини обмежений, але у виробництві десертів нетривалого зберігання він (асортимент сировини) набагато ширший: зерняткові — яблука, груші, айва; кісточкові — вишня, слива, черешня, абрикоси, персики; субтропічні цитрусові — мандарини, апельсини, грейпфрути, лимони, гранати, інжир, хурма; тропічні — банани, ананаси; горіхоплідні — ліщина, фундук, волоські, мигдаль, фісташки, кедрові горіхи, арахіс; ягоди — виноград, смородина (чорна, біла, червона), агрус, суниця, полуниця, малина, а також дикорослі ягоди та баштанні культури — дині, кавуни, гарбуз і кавбуз.

Оскільки основу солодких страв складає легкозасвоюваний цукор, за рахунок якого організм споживає 1/3 всіх вуглеводів. Згідно з фізіологічними нормами, споживання цукру не повинно перевищувати 110–120г на добу, так як надмірне його споживання може викликати порушення обміну речовин, діяльність підшлункової залози, привести до ожиріння. Крім того, надлишок цукру гальмує виділення шлункового і підсилює виділення підшлункового соку, тому солодкі страви рекомендується подавати через кілька хвилин після основних страв [12].

Тому, використання баштанних культур, а зокрема кавбуза у виробництві солодких страв, а саме самбуків — є актуальним, не тільки з точки зору розширення асортименту десертів, але і як джерела БАР. Дослідженнями показано, що промислова переробка плодів кавбуза може дати країні додаткові харчові ресурси.

Аналіз досліджень і публікацій. Кавбуз — це молекулярний гібрид кавуна і гарбуза, що одержаний за оригінальною технологією. Ця технологія розроблена Л. І. Потопальським (завідувачем групою модифікації структури біологічно активних речовин Інституту молекулярної біології і генетики НАН України, директором Інституту оздоровлення й відродження народів України та благодійного фонду «Небодарний цілитель») [7; 8; 9]. Об'єднуючи характерні властивості батьківських форм (кавуна і гарбуза), кавбуз має на 20% -30% вищу врожайність, приємний смак та може використовуватись, як кормова та дієтична рослина.

Кавбуз займає одне з перших місць серед культур — джерел каротину. Це забезпечує протипухлинний ефект, а також має значення в профілактиці та лікуванні атеросклерозу. Завдяки наявному комплексу пектинів та інших БАР кавбуз і продукти його переробки є ефективним засобом для виведення з організму важких металів і радіонуклідів. Ці продукти рекомендовано у разі загального виснаження організму, для дитячого і дієтичного харчування за умов діабету, захворювань печінки, нирок, серцево-судинної і нервової систем, порушень обміну речовин (ожиріння, подагра, набряки), статевих розладів, особливо в разі імпотенції та аденоми простати у чоловіків [4; 10].

Кавбуз може використовуватись, як ефективний радіопротектор та антиоксидант у разі радіаційного опромінення. Інститутом оздоровлення і відродження народів України спільно з АО «КЕБОС» та інститутом гігієни харчування Національної Академії наук та Міністерства охорони здоров'я України розроблені технічні умови на випуск дослідної партії пюре з кавбуза для харчування та оздоровлення дітей, особливо зони Чорнобильської катастрофи. Але широкомасштабна реалізація цієї розробки вимагає додаткових інвестицій. Співробітництво з фермерськими господарствами лише розпочинається [1–4].

Кавбуз добре зберігається, не псується навіть за кімнатної температури аж до весни, а деякі його екземпляри залишаються доброякісними цілий рік, а то і довше. Тому страви з кавбуза корисно включати в раціон харчування протягом багатьох місяців, особливо взимку і навесні, коли не вистачає свіжих овочів і фруктів. Із кавбуза можна приготувати широкий асортимент страв, він смачний у сирому, смаженому та печеному вигляді.

Люди, які страждають на алергію, можуть використовувати для прання гарячу воду, настояну

на шкірці кавбуза, бо ця вода має добрі мильні властивості [10].

Велике значення в лікувальних цілях відіграють харчові волокна — 500 г кавбуза забезпечує половину добової потреби в харчових волокнах. Біологічне значення пектинів проявляється в їх здатності зв'язувати радіоактивні частини та продукти радіолізу та виводити їх з організму. З пектином зв'язуються також важкі метали та токсичні речовини. Встановлено, що 1 г пектину здатний зв'язувати від 160 до 420 мг стронцію.

Інститутом експериментальної радіології вивчено властивості кавбуза як радіопротектора та встановлено його оздоровчий вплив на нервову, ендокринну систему. Пюре кавбуза містить багато глюкози, цукрози, пектину, клітковини, вітаміну С і каротину, володіє лікувальними властивостями і його використовують в умовах малих доз іонізуючої дії [2; 3]. За результатами конкурсу Міжнародної Асоціації «Допомога родинам Чорнобиля» на кращий фармацевтичний препарат, лікувальний засіб, продукт харчування, що сприяє виведенню радіонуклідів з організму людини та її оздоровленню, кавбуз і лікувально-профілактичні вироби з нього нагороджено Знаком Благодійства «За допомогу родинам Чорнобиля SOS-86» (диплом № 006 від 26.04.96 р.) [2; 5; 11].

Кавбуз використовують для профілактики і лікування різних захворювань. У разі нирково-кам'яної і жовчно-кам'яної хвороби, подагри, пухлини простати, атеросклерозу, передчасного старіння вживають олію з насіння по 20–30 крапель три рази на день 1–2 місяці.

Сорт гарбуза «Кавбуз Здоров'яга» занесений в Державний реєстр сортів України (свідоцтво № 05119 від 12.02.03) [7].

За умов набряків, хвороби печінки, нирок, артритів, атонії кишечника, передчасного старіння, атеросклерозу, діабету, екземи та псоріазу вживають свіжий м'якуш або продукти його переробки без обмежень.

Дуже важливо, що насіння кавбуза містить значну кількість цинку, який так необхідний для функції передміхурової залози чоловіків.

Кавбуз дуже корисний для профілактики серцево-судинної діяльності. Він, як і морква посівна, знімає спазми шлунка, кишечника та печінки.

У разі передозування антибіотиками необхідно вживати кавбуз та інші гарбузові, щоб перешкодити розвитку кандидамікозу.

Під час гіпертонічної хвороби в склад калієвої дієти вводять страви з кавбуза.

Насіння кавбузу та його олійної форми кавбудека можна переробити на цілющу кавбузну олію. Технологію одержання такої олії розроблено в Інституті оздоровлення і відродження народів України в 1995 році (А. І. Потопальський, Л. Н. Юркевич, В. Ф. Батурський) [5; 10].

Що стосується олії з насіння кавбуза, яка має назву «Кавбузол», то за даними Інституту оздоровлення і відродження народів України, вона має більш виражені цілющі властивості, ніж олія із насіння звичайного гарбуза [6; 10].

Крім кавбуза, одержано ще дві форми рослин з родини гарбузових — «Кавбудек покритонасінний» та «Кавбудек голонасінний», обидві форми перспективні, як кормові та олійні культури. Олія з насіння цих форм за цілющими властивостями прирівнюється до олії «Кавбузол».

«Кавбузол» рекомендується за умов хвороби: шлунково — кишкового тракту (виразка, гастрит, ентероколіт); печінки і жовчовивідних шляхів (інфекційний і токсичний гепатит, цироз, жирова дистрофія, холецистит, метастази злоякісних пухлин); підшлункової залози (панкреатит, пухлини, діабет); передміхурової залози (простатит, аденома, злоякісні пухлини); атеросклерозу; ожиріння; імпотенції; облісіння; для покращення пам'яті і працездатності.

Завдяки нормалізації обміну ліпідів «Кавбузол» ефективний під час псоріазу і гіперкератозу, грибкових захворювань шкіри і нігтів. Протипоказання для кавбузової олії не встановлені, побічні ефекти не спостерігалися.

Мета та завдання статті. У даній роботі було вивчено хімічний склад, досліджено форми зв'язку вологи в кавбузі, вплив способів попередньої обробки на їх перерозподіл та розглянуто необхідність і доцільність його використання в технології виробництва холодних десертів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

- вивчити хімічний склад кавбуза та порівняти з літературними даними;
- проаналізувати форми зв'язку вологи в сировині та довести необхідність і доцільність використання кавбуза у виробництві десертів;
- дослідити вплив способів попередньої обробки на перерозподіл форм зв'язку вологи в кавбузі.

Як об'єкт досліджень було взято кавбуз, який містить значну кількість каротину, понад 15% цукрів, пектин, білки, фосфоровмісні сполуки, ферменти, вітаміни А, С, В, РР, Є мінеральні речовини (калій, кальцій, магній, залізо, кобальт).

Предметом дослідження є вивчення доцільності та необхідності використання даного виду сировини у виробництві десертів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Хімічний склад кавбуза багатий та різноманітний. Оранжево-жовте забарвлення м'якуші кавбуза викликане наявністю в ньому каротину, якого тут міститься більше, ніж у моркві, його кількість — 3,1 мг%. Хімічний склад кавбуза наведено в табл. 1.

Отримані дані щодо хімічного складу кавбуза співпадають із літературними [5], що дозволяє стверджувати про необхідність та доцільність його використання у виробництві десертів.

Таблиця 1

Хімічний склад кавбуза

Сировина	Масова частка сухих розчинних речовин за рефрактометром, %	Масова частка нерозчинних сухих речовин, %	Загальна кількість цукрів, %	Кількість каротину, мг%
Кавбуз	16	17,75	15,0	3,1

Форми зв'язку (колоїдно-зв'язаної та осмотично-зв'язаної) води визначали за методикою Х. М. Починка [12].

Було досліджено форми зв'язку води та експериментальним шляхом встановлено, що у кавбузі з масовою часткою сухих розчинних речовин 6% загальна кількість води становить 93,62%, з них 64,82% складає осмотично-зв'язана і 28,80% — колоїдна вода.

Одержані дані за формами зв'язку води підтвердили наявність в досліджуваній сировині (кавбузі) переважаючої кількості води в осмотично-зв'язаній формі (64,82%), що дозволило науково обґрунтувати можливість і доцільність використання попереднього зневоднення для кавбуза та використання цього процесу в технології виробництва десертів.

Відомо, що залежно від форм зв'язку води в сировині розрізняють дві форми — осмотично-зв'язану й адсорбційно (колоїдно) — зв'язану воду, тому важливо було визначити чи впливає термічна обробка на перерозподіл форм зв'язку води для кавбуза.

Термічну обробку кавбуза проводили такими способами:

- бланшування водою $t = 70-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 10$ хв або $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом $\tau = 4-5$ хв;
- бланшування парою $\tau = 15$ хв;
- НВЧ-обробка — потужність 440–480 Вт/кг;
- заморожування — $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ в камері побутового холодильника.

Результати досліджень форм зв'язку води у кавбузі після термічної обробки наведено в табл. 2 та на рисунку.

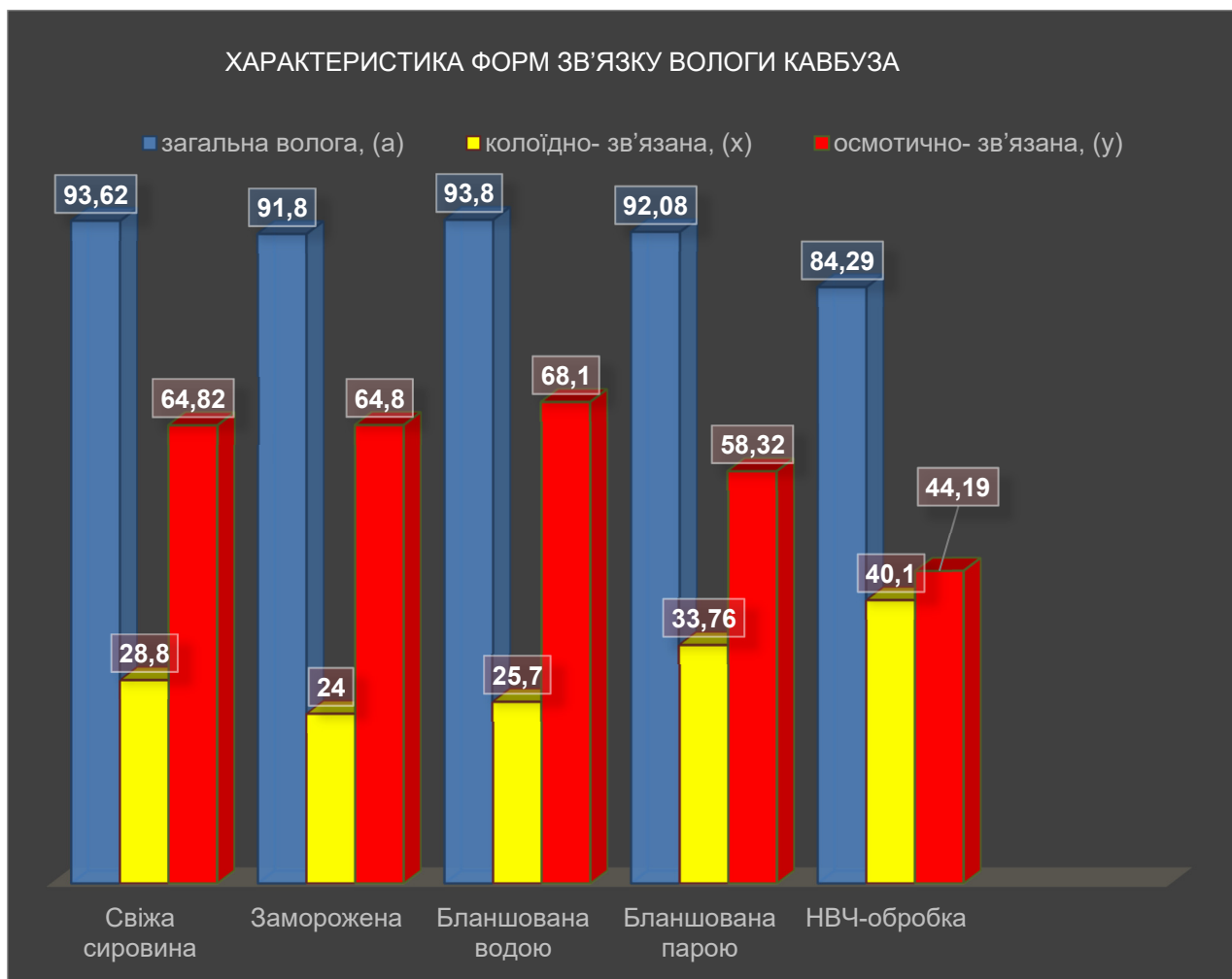


Рис. 1

Таблиця 2

Характеристика форм зв'язку вологи кавбуза

Обробка	Форма зв'язку вологи		
	Загальна волога, (а)	Колоїдно-зв'язана, (х)	Осмотично-зв'язана, (у)
Свіжа сировина	93,62	28,80	64,82
Заморожена	91,80	24,00	64,80
Бланшована водою	93,80	25,70	68,10
Бланшована парою	92,08	33,76	58,32
НВЧ-обробка	84,29	40,10	44,19

Дослідження показали (табл. 2, рис. 1), що жоден зі способів попередньої теплової обробки кавбуза практично не привів до перерозподілу форм зв'язку вологи порівняно зі свіжою сировиною.

Тому, для подальших досліджень доцільно використовувати дану сировину — джерело БАР.

Висновок. У результаті проведених досліджень встановлено форми зв'язку вологи в кавбузі, що дозволили науково обґрунтувати вибір сировини, спосіб вилучення вологи та доцільність його застосування в технології виробництва десертів.

Література

1. Пацюк Л. К. Овощи с радиозащитными и радиопротекторными свойствами для детей / Л. К. Пацюк // Пищ. пром-ность, 1997 — № 10 — С. 38–48.
2. Потопальський А. І. Ходить кавбуз по городу / А. І. Потопальський, Л. Н. Юркевич, І. І. Воробйова. — К.: ДВПІП Міннауки України, 1999. — 42 с.
3. Потопальський А. І. Кавбуз — найбільша у світі цілюща ягода / А. І. Потопальський, Л. Н. Юркевич, І. І. Воробйова. — Вінниця: Нова книга, 2004. — 80 с.
4. Потопальський А. І. Кавбуз «Здоров'я» на городі, здоров'я — в домівці (про диво дивні молекули здоров'я) / А. І. Потопальський // Дім, сад, город. — 1995. — № 6. — С. 12.
5. Потопальський А. І. Кавбуз «Здоров'я» / А. І. Потопальський / Сад, город, пасіка. — 1998. — № 1. — С. 15.
6. Потопальський А. І. Нові форми баштанних культур — кавбуз, кавбудек та їх лікувальні властивості / А. І. Потопальський // Селекція і технологія вирощування баштанних культур: Міжнар. наук. конф., 20–21 лютого 1996 р.: матеріали. — Гола Пристань, 1996 — С. 135–138.
7. Потопальський А. І. О самой удивительной и самой большой в мире исцеляющей ягоде — кавбузе / А. І. Потопальський // Наша дача. — 1999. — № 16. — С. 6.
8. Потопальський А. І. Это создано для нашего здоровья (кавбудек и амарант) / А. І. Потопальський // Наша дача. — 1999. — № 19. — С. 8.
9. Потопальський А. І. Олія з кавбудеку цілюща і корисна / А. І. Потопальський // Дім, сад, город. — 1999. — № 10. — С. 4.
10. Потопальський А. І. Третьюму тисячоліттю — нові рослини для здоров'я, добробуту, краси і довголіття / А. І. Потопальський, Л. Н. Юркевич. — К.: Колоб'іг, 2005. — 168 с.
11. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений / К.: Наукова думка, 1976. — 324 с.
12. Пюре з кавбузу / Харчова і переробна промисловість. 1998 № 6. — 29 с.

Мельник Вікторія Миколаївна

*доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри біотехніки та інженерії
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Мельник Виктория Николаевна

*доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедры биотехники и инженерии
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Mel'nick Victoriia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department of Bioengineering and Biotechnics
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

Ружинська Людмила Іванівна

*кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри біотехніки та інженерії
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Ружинская Людмила Ивановна

*кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры биотехники и инженерии
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Ruzhinskaya Lyudmyla

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Bioengineering and Biotechnics
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

Сорокін Едуард Геннадійович

*магістр
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Сорокин Эдуард Геннадиевич

*магистр
Национального технического университета Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Sorokin Eduard

*Master of the
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

DOI: 10.25313/2520-2057-2018-21-4485

ВПЛИВ УЛЬТРАЗВУКУ НА ПРОЦЕС КРИСТАЛІЗАЦІЇ ЛИМОННОЇ КИСЛОТИ

ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ПРОЦЕСС КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ

EFFECT OF ULTRASOUND ON THE PROCESS OF CRYSTALLIZATION OF LEMONIC ACID

Анотація. Наводяться результати лабораторних експериментів по виявленню дії звукового опромінення певної частоти на процес кристалізації лимонної кислоти

Ключові слова: ультразвук, кристалізація, кавітація, лимонна кислота.

Аннотация. Представлены результаты лабораторных исследований влияния ультразвукового излучения определенной частоты на процесс кристаллизации лимонной кислоты.

Ключевые слова: ультразвук, кристаллизация, кавитация, лимонная кислота.

Summary. The results of laboratory experiments on detecting the effect of sound irradiation of a certain frequency on the process of crystallization of citric acid are given.

Key words: ultrasound, crystallization, cavitation, citric acid.

Кристалізація — це процес утворення твердої фази в вигляді кристалів з розчинів або розплавів. Охолоджений насичений розчин є нестійким і знаходиться в стані пересичення, що є рушійною силою. Концентрація речовини в розчині стає вище розчинності цієї речовини в даних умовах. При подальшому охолодженні, досягаємо температури, при якій почнеться утворення зародків кристалів, тобто ступінь перенасичення перевищить межу метастабільності [1].

Ультразвук в залежності від режиму ультразвукової обробки, ступеня перенасичення розчину, температурного чинника і т.д. може значно прискорити процес кристалізації неорганічних з'єднань. Прискорення кристалізації здійснюється за рахунок розчинення дрібних кристалів [2].

Для цих же цілей можливе використання диспергуючої дії ультразвуку, який дробить кристали. Останні в свою чергу стають новими центрами кристалізації, знову дробляться і т.д.

Використання ультразвуку пришвидшує процес утворення центрів кристалізації з 5–8 год до декількох секунд. Прискорення процесів кристалізації визначається на стадії кавітації, коли диспергуючий ефект найбільший.

Було проведено дослід по впливу ультразвуку на процес кристалізації.

Об'єктом дослідження була обрана лимонна кислота.

Технічне найменування продукту — лимонна кислота $\text{HOOC}-\text{CH}_2\text{C}(\text{OH})-\text{COOH}$ є монооксітрикарбоною кислотою, яка кристалі-

зується з водних розчинів з однією молекулою води (моногідрат лимонної кислоти) у вигляді безбарвних прозорих ромбоподібних кристалів. Моногідратна лимонна кислота має молекулярну масу 210, щільність $1,540 \text{ г/см}^3$ і температуру плавлення $70-75 \text{ }^\circ\text{C}$. Кристалізаційна вода втрачається при зберіганні та інтенсивно виділяється при температурах, що перевищують $40-50 \text{ }^\circ\text{C}$. При $100 \text{ }^\circ\text{C}$ вода втрачається повністю. Лимонна кислота за якістю має відповідати показниками, передбаченими ГОСТ 908: 2006. Це повинні бути безбарвні кристали або білий порошок, без грудок, для кислоти I сорту допускається жовтуватий відтінок, смак кислий, без стороннього присмаку, 2% -ний розчин кислоти в дистильованій воді повинен не мати запаху, бути прозорим і не містити механічних домішок, структура — сипка, суха, на дотик не липка, без сторонніх домішок. Лимонну кислоту отримують з культуральної рідини при глибокому культивуванні мікроскопічного гриба *Aspergillus niger* з наступним відділенням біомаси [3].

При температурі кристалізації $36,6 \text{ }^\circ\text{C}$ і вище виділяється безводна лимонна кислота з молекулярною масою 192 і температурою плавлення $153 \text{ }^\circ\text{C}$. При нагріванні до $175 \text{ }^\circ\text{C}$ лимонна кислота розкладається.

Технологія глибокого культивування продуцентів лимонної кислоти представляє собою явно виражений двоступінчастий процес. Перший ступінь включає вирощування посівного матеріалу з конідіоспор в посівному середовищі (на гойдалці і в посівному апараті) при $32-33 \text{ }^\circ\text{C}$ в умовах інтенсивної аерації ($0,8-1,0$ об'єму повітря на 1 об'єм

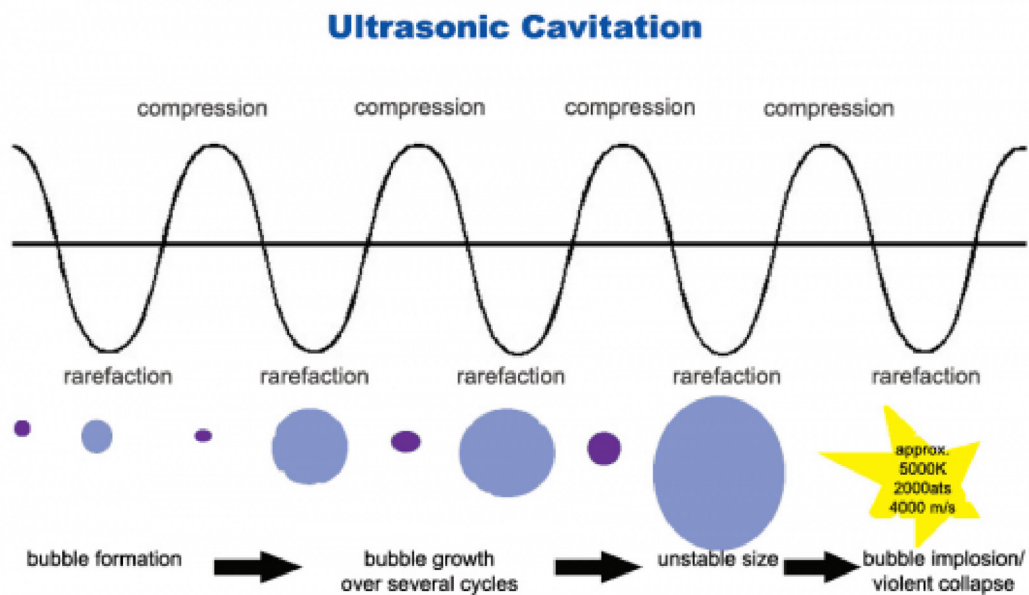


Рис. 1. Кавітація. Процес утворення і руйнування кавітаційних бульбашок

середовища в хвилину) і при безперервному перемішуванні середовища. Тривалість культивування на стадії вирощування посівного матеріалу — 2 доби (1 добу — на качалка, 1 — на посівному апараті) [4].

Кристалізація лимонної кислоти. Охолодження гарячого розчину проводять в кристалізаторі при безперервному перемішуванні. Пересичення, необхідне для утворення центрів кристалізації, досягається при зниженні температури концентрованого розчину. При температурі близько 37 °С вносять затравку кристалів лимонної кислоти в кількості 0,05% до маси розчину. Утворення і зростання кристалів відбуваються при зниженні температури до 8 °С. При цій температурі утфель, який являє собою суміш кристалів і маточного розчину, витримують протягом 30 хв.

Кавітація — утворення в рідині кавітаційних бульбашок, заповнених газом, паром або їх сумішшю.

Вплив ультразвукової кавітації сприяє кристалізацію і осадження, що забезпечує дуже однорідне змішування. Ультразвукове розчинення є перевірним способом отримання перенасичених розчинів. Інтенсивне перемішування, і, таким чином, поліпшується перенесення маси. Ультразвукові ударні хвилі сприяють утворенню ядер. Чим більше ядер висівають, тим швидше буде відбуватися зростання кристалів. Як ультразвукова кавітація може точно регулювати процес кристалізації (рис. 1).

Переваги використання ультразвуку для кристалізації [5]:

- ультразвук ініціює і сприяє утворенню зародків і кристалізації органічних молекул. Контроль над кристалізацією і осадженням, що забезпечує високу якість продукції.

- значно швидший час індукції, з більш низьким рівнем перенасиченості, контроль за зростання кристалів.

Ультразвук дозволяє виготовляти кристали з урахуванням всіх вимог. Існує три основні варіанти впливу:

1. Первісний. Коротке застосування ультразвукових хвиль до пересичених розчинів може ініціювати посів та утворення зародків. Як обробка ультразвук застосовується тільки в початковій стадії, наступне зростання кристалів протікають безперешкодно, в результаті чого крупнозернисті кристали.

2. Безперервний. Безперервне опромінення перенасиченого розчину. призводить до зростання багатьох маленької кристали.

3. Імпульсний. Імпульсний метод впливу означає застосування ультразвуку в певних інтервалах. Точно контрольований вхід ультразвукової енергії дозволяє впливати на зростання кристалів, з урахуванням розмір кристала.

Перший дослід було проведено без впливу ультразвуку, для визначення основних критеріїв кристалізації (рис. 2).

Для приготування перенасиченого розчину було взято 100 мг дистильованої води, 220 г лимонної кислоти, термостат, термометр. Колбу з відміряними 100 мг дистильованої води помістили в термостат для нагрівання її до 75 °С, поступово додаючи лимонну кислоту з постійним перемішуванням. Після повного розчинення у воді отримали перенасичений розчин лимонної кислоти, та почали охолоджувати колбу з розчином до температури 18 °С. Для створення центрів кристалізації внесли 1 г лимонної кислоти.

Осад почав випадати через 10 хв. Розчин помістили в холодильну камеру з температурою 8 С. Через

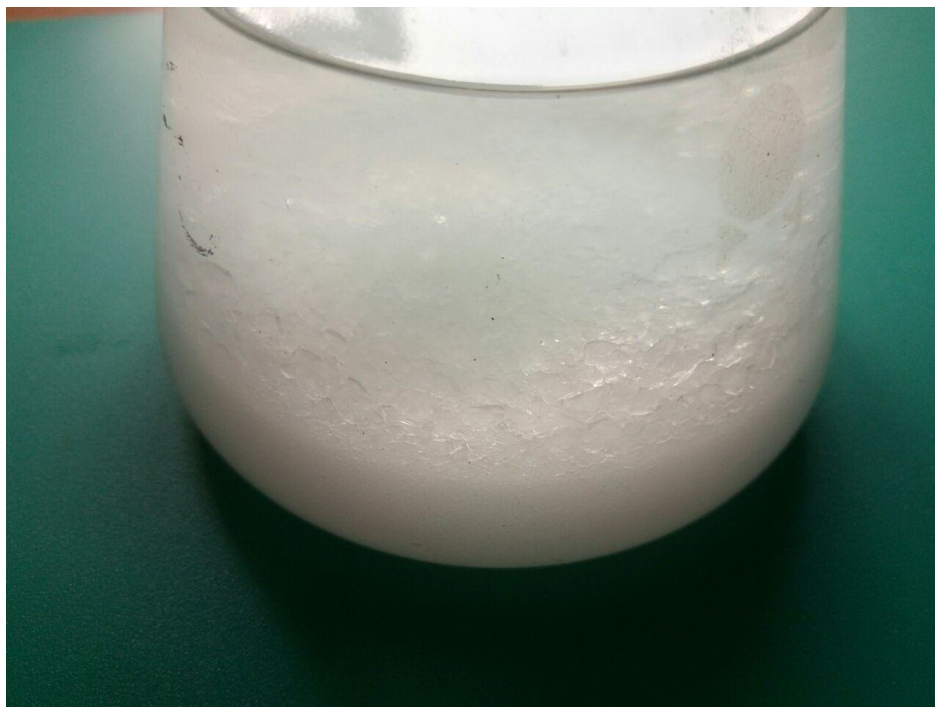


Рис. 2. Результат першого дослідю

одну годину чітко виділявся шар осаду у вигляді кристалів. В результаті отримали чітко виражені кристали білого кольору, більших розмірів над шаром осаду менших кристалів на дні пробірки.

В наступних зразках перенасичений розчин після охолодження та внесення 1г кристалів лимонної кислоти помістили під дію ультразвуку. Зразок № 1 на 5 хв. (рис. 3). Зразок № 2 на 10 хв. (рис. 4). Після дії ультразвуку розчини помістили в холодильну камеру.

В результаті дослідю в обох зразках спостерігались кристали більших та приблизно однакових розмірів. Також, необхідно відмітити, в зразку № 2 (рис. 4), що піддавався впливу ультразвуку на 10

хв, кристалізація почалася по всьому об'єму, про що свідчать кристали на стінках пробірки.

Застосування ультразвукового впливу з частотою коливань близько 20 кГц дозволяє різко інтенсифікувати процес, оскільки в кавітаційному режимі виникають сильні мікро- та макропотоки, що знімають дифузійні обмеження. Застосування ультразвукового впливу дозволяє поліпшити осьову однорідність розподілу домішок і компонентів сплаву за рахунок інтенсифікації тепло- і масообмінних процесів. Ультразвукова обробка в процесі кристалізації дозволяє отримати однорідний, безпористий матеріал з дрібнозернистою структурою.

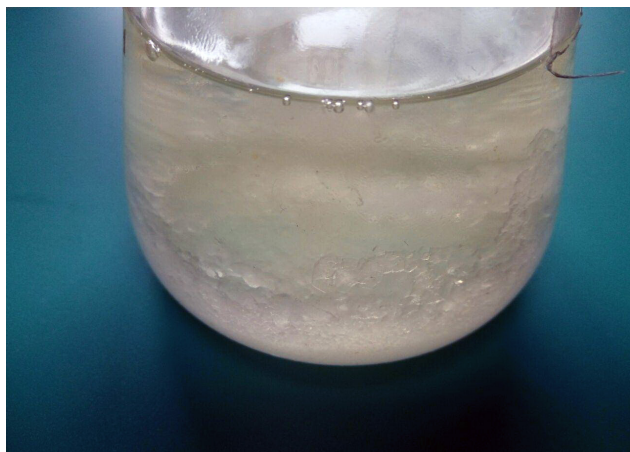


Рис. 3. Зразок № 1



Рис. 4. Зразок № 2

Література

1. Деркач Ф. А. Хімія. — Львів: Львівський університет, 1968. — 312 с.
2. Алехин, О. С. Способ управления процессом кристаллизации / О. С. Алехин, А. П. Бобров, В. И. Герасимов, В. И. Зарембо, К. В. Некрасов, П. М. Саргаев, К. А. Суворов, Патент РФ No 2137572. (12.29. 1998).
3. Браже, Р. А. Концепции современного естествознания. Часть 2 [Учебн. пособ.] / Р. А. Браже, Р. М. Мефтахутдинов, Ульяновск: Ульяновский гос. техн. ун-т, 2003. — 130 с.
4. Гельперин, Н. И. Основы техники кристаллизации расплавов / Н. И. Гельперин, Г. А. Носов. — М.: Химия, 1975. — 352 с.
5. Гельперин, Н. И. Основы техники фракционной кристаллизации / Н. И. Гельперин, Г. А. Носов. — М.: Химия, 1986. — 304 с.

Новохат Олег Анатолійович

кандидат технічних наук, старший викладач кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Новохат Олег Анатолиевич

кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих предприятий Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Novokhat Oleh

Candidate of Engineering Sciences (PhD), Senior Lecturer of Department of Machines and Apparatus for Chemical and Oil-Refinery Production National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Вишар Артем Сергійович

студент Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Вышар Артём Сергеевич

студент Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Vyshar Artem

Student of the National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

**ПРЕСОВА ЧАСТИНА ПАПЕРОРОбНОЇ МАШИНИ
ПРЕССОВАЯ ЧАСТЬ БУМАГОДЕЛАТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ
THE PRESS SECTION OF PAPERMAKING MACHINE**

Анотація. Розглянуто теорію пресування паперового полотна та волокнистих матеріалів. З'ясовано технологічні та конструкційні фактори, що впливають на кінцеву сухість паперового полотна після пресу. Проаналізовано шляхи можливого вдосконалення пресової частини папероробної машини.

Ключові слова: пресування, зневоднення, папероробна машина, паперове полотно, пресова частина.

Аннотация. Рассмотрено теорию прессования бумажного полотна и волокнистых материалов. Выяснено технологические и конструктивные факторы, которые влияют на конечную сухость бумажного полотна после пресса. Проанализированы пути возможного улучшения и модернизации прессовой части бумагоделательной машины.

Ключевые слова: прессование, обезвоживание, бумагоделательная машина, бумажное полотно, прессовая часть.

Summary. The theory of pressing of a paper web and fibrous materials is considered. The technological and structural factors influencing the final dryness of a paper web after the press are found out. The ways of possible improvement of the press part of the paper-making machine are analyzed.

Key words: pressing, dehydration, paper-making machine, paper cloth, press part.

В наш час папір використовується в багатьох сферах людської діяльності. Тому питання покращення якості паперу, зменшення вартості виробництва, зменшення екологічного впливу паперового виробництва на оточуюче середовище стають дедалі актуальнішими. А оскільки темпи споживання паперу зростають, то для задоволення людських потреб необхідно вдосконалювати обладнання целюлозно паперової промисловості, включно і завдяки модернізації папероробної машини (ПРМ). Одним з можливих рішень є модернізація її пресової частини.

В кінці сіткової частини ПРМ в паперовому полотні залишається велика кількість вологи — близько 80%. Окрім води, що утримується капілярними силами, в полотні залишається частина вільної вологи, котра не може бути видаленою через недостатнє розрідження та короткий період дії вакууму. Після проходження сіткової частини сухість паперового полотна складає близько 20% і воно передається до пресової частини для подальшого зневоднення.

У процесі пресування вода видаляється з полотна шляхом його ущільнення під дією зовнішнього навантаження, в результаті якого збільшується міцність паперового полотна. Таким чином, основними задачами пресової частини є зневоднення паперового полотна, забезпечення необхідних якісних показників продукції та надійність роботи папероробної машини. В результаті пресування також зростають сухість, міцність та густина паперу. Пресування відіграє важливу роль при виробництві паперу та картону, адже від ефективності роботи пресової частини також залежать витрати на сушіння паперу та продуктивність машини в цілому. З метою зменшення сушильної пари в сушильних циліндрах намагаються досягти якомога вищої сухості полотна на пресовій частині, проте без втрати необхідних фізико-механічних властивостей.

Техніко-економічні показники роботи папероробної машини наведені на рис. 1.

Теорія процесу пресування паперового полотна представляє собою одну з найскладніших задач сучасної механіки. Проблема полягає у пошуку спільного рішення задачі фільтрації води та повітря в деформуючому неоднорідному пористому середовищі і задачі контакту двох валів, що обертаються. Крім того вали можуть мати покриття із матеріалів, що мають в'язкопружні властивості. Також необхідно враховувати великий ступінь деформації паперового полотна та нелінійність рівнянь, що описують процес.

Для оцінки ефективності зневоднення паперового полотна на пресовій частині папероробної машини використовують показники вологості (сухості) та вологовміст паперового полотна.

В якості основних параметрів процесу пресування використовують такі величини:

- лінійний тиск між валами та середній тиск;
- ширина зони пресування та час пресування;
- пресовий імпульс.

Через високі швидкості сучасних папероробних машин, час пресування паперового полотна незначний (його вимірюють в мілісекундах). Через складність безпосереднього визначення ширини зони пресування на практиці використовують лінійний, а не середній тиск. Проте лінійним тиском, як основним параметром процесу пресування, можна користуватись лише при порівнянні двох пресів з однаковими діаметрами. Це пов'язано з тим, що при однакових лінійних тисках, але різними діаметрами валів, будуть різні умови пресування. В пресі з валами більшого діаметру буде ширша зона пресування, а відповідно нижчий середній тиск між валами. А отже кінцева сухість паперового полотна також буде нижчою. Тому одним із рішень являється використання пресового імпульсу:

$$i = P_{cp} T = qv, \text{ МПа}\cdot\text{с},$$

де P_{cp} — середній тиск, МПа; T — час пресування, с; q — лінійний тиск між валами, кН/м; v — швидкість машини м/с.

Під час проектування пресової частини основні фактори, що визначають ефективність пресування розділяють на дві групи: технологічні і конструктивні. До конструктивних відносять тип пресу, діаметр валів, механічні властивості поверхні валів, конструкція пресових валів, тип пресових суконов та їх кількість. До технологічних — швидкість машини, лінійний тиск, маса 1 м^2 паперу.

Для досягнення більшої сухості паперового полотна доцільно застосовувати преси з подовженою зоною пресування, збільшують діаметри валів, використовують башмакові преси, де збільшений час пресування. При цьому необхідно враховувати негативний вплив на сухість після пресу фактору зворотного поглинання [1].

Одним з найважливіших технологічних факторів є композиція паперового полотна. Відомо, що здатність паперового полотна віддавати вологу залежить

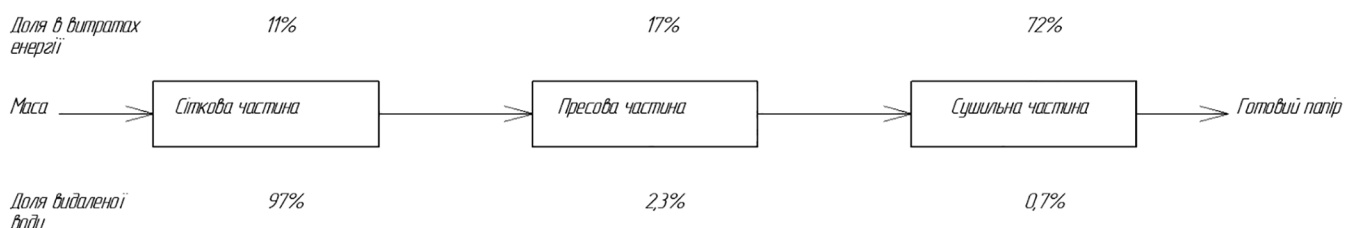


Рис. 1. Розподіл витрат енергії на папероробній машині [1]

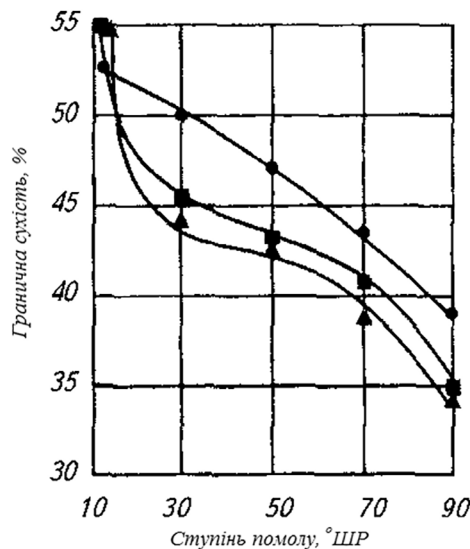


Рис. 2. Графік залежності граничної сухості від ступеню помолу

від ступеня помолу маси. Також встановлено, що різні види паперу при однаковому степені помолу по-різному зневоднюються. Тому найважливішою характеристикою, що визначає властивості паперу віддавати воду при пресуванні, є коефіцієнт водовтримання:

$$K = m_w m_m,$$

де m_w — маса води, що залишилась в матеріалі після пресування, m_m — маса сухого волокна.

Маючи значення коефіцієнта водовтримання, можна розрахувати значення граничної (максимальної) сухості при пресуванні даного матеріалу.

$$CL=1001+K,$$

де K — коефіцієнт водовтримання.

На рис. 2 зображено залежність граничної сухості від ступеню помолу маси.

Проаналізувавши дані з рис. 2, видно, що паперова маса меншого помолу має меншу поверхню контакту волокон, а відповідно створює менший опір в зоні пресування. Тому її гранична сухість буде вищою.

Також для підвищення ефективності пресової частини застосовують підігрів паперового полотна. В більшості випадків підвищення температури полотна на 10 °C призводить до підвищення сухості на 1...3% [2].

Метою процесу пресування є отримання паперового полотна після пресової частини папероробної машини з якомога меншим вмістом вологи. Отже, для досягнення поставленої мети доцільно встановлювати вали з поперечною фільтрацією вологи (жолобчаті вали, вали з глухими отворами, відсмоктуючі вали), підвищити температуру паперового полотна перед пресуванням та одразу після пресу відразу відділяти паперове полотно від вологого сукна, збільшують час пресування та тиск в допустимих межах. В результаті інтенсифікація процесу пресування дозволить зменшити витрати пари в сушильній частині, що значно зменшить енерговитрати, а, отже, і собівартість кінцевого продукту.

Література

1. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3т. Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона. — СПб.: Политехника, 2005. — 423 с.: ил.
2. Акулов Б. В., Ермаков С. Г. Производство бумаги и картона: Учебное пособие / Перм. гос. техн. ун-т. — Пермь, 2010. — 440 с.

Павлов Володимир Анатолійович
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри біомедичної кібернетики
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Павлов Владимир Анатолиевич
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры биомедицинской кибернетики
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Pavlov Vladimir
Candidate of Technical Sciences, Docent,
Associate Professor of the Department of Biomedical Cybernetics
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Носовець Олена Костянтинівна
кандидат технічних наук,
доцент кафедри біомедичної кібернетики
Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Носовец Елена Константиновна
кандидат технических наук,
доцент кафедры биомедицинской кибернетики
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Nosovets Olena
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of Biomedical Cybernetics
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Давидько Олександр Богданович
магістрант
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Давидько Александр Богданович
магистрант
Национального технического университета Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Davydko Oleksandr
Master Student of the
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Дяк Андрій Ігорович
студент
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дяк Андрей Игоревич
студент
Национального технического университета Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Diak Andrii

*Student of the
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

Шапошник Ольга Геннадіївна

*студент
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Шапошник Ольга Геннадьевна

*студент
Национального технического университета Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Shaposhnyk Olha

*Student of the
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

ЗМІШАНО-ЦІЛОЧИСЕЛЬНА ЗАДАЧА ОПТИМІЗАЦІЇ ЛІКУВАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ

СМЕШАННО-ЦЕЛОЧИСЛЕННАЯ ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ ЛЕЧЕБНОЙ СТРАТЕГИИ

MIXED-INTEGER OPTIMIZATION PROBLEM OF TREATMENT STRATEGY

Анотація. В роботі розглянуто персоналізований розрахунок лікувальної стратегії. Модель прогнозу стану об'єкту допускає нелінійну залежність від його початкового стану та параметрів об'єкту. Задача оптимізації після підстановки початкового стану пацієнта та його параметрів приймає вид лінійної змішано-цілочисельної задачі. Розглянуто приклад розрахунку оптимальної стратегії.

Ключові слова: оптимізація, змішано-цілочисельне лінійне програмування, моделювання, прогнозування, початковий стан об'єкту, лікувальна стратегія.

Аннотация. В работе рассмотрен персоналифицированный расчет линейной лечебной стратегии. Модель прогноза состояния объекта допускает нелинейную зависимость от его начального состояния. Задача оптимизации после подстановки начального состояния пациента и его параметров принимает вид линейной смешанно-целочисленной задачи. Рассмотрен пример расчета оптимальной стратегии.

Ключевые слова: оптимизация, смешанно-целочисленное линейное программирование, моделирование, прогнозирование, начальное состояние объекта, лечебная стратегия.

Summary. A personalized calculation of linear treatment strategy is considered. The forecast model admits a nonlinear dependence on initial state and parameters of object. After the substitution of the initial state and parameters of the patient the optimization task takes the form of a linear mixed-integer problem. An example of an optimal treatment strategy calculation is considered.

Key words: optimization, mixed integer linear programming, modeling, forecasting, the initial state of object, treatment strategy.

Постановка проблеми. Подання задач оптимального управління і задач прийняття рішень в еквівалентному вигляді задачами математичного програмування досить відомо. Зазначимо, монографію [1], де розглянуто загальний підхід для такого представлення. Однак, в кожній конкретній задачі управління або прийняття рішень з'являється свій привід для розгляду окремих оптимізаційних моделей, що дозволяють знаходити компроміс між обчислювальними ресурсами що використовуються, точністю рішення, часом розрахунку. Такі моделі дозволяють виявити можливості для поліпшення результатів розрахунків, що робить доцільним їх розгляд для практичного застосування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження складають праці таких фахівців, як О. І. Шелудько [3], В.В. Ванін, О.В. Павлов [4], А.В. Павлов [5].

Мета дослідження: розробити програмний комплекс вирішення проблеми переходу від суттєво-математичного формалізму практичної задачі оптимізації до вхідного формалізму програмного інструменту вирішення задач оптимізації змішано-цілочисельного лінійного класу.

Виклад основного матеріалу. Припустимо, що змістовна постановка задачі прийняття рішення описує статистичними даними стан об'єкту до застосування управлінського рішення — підматрицею X^b , початкове значення критеріальної змінної — вектором Q^b , відомі управлінські рішення, що застосовано — підматрицею U , кінцевий стан об'єкту отриманий, внаслідок застосування управлінських рішень — підматрицею X^e та якість стану об'єкту, що було досягнуто — вектором Q^e , то зазначена статистика може бути подана блочною матрицею об'єкт-властивості X :

$$X = | X^b | I^b | U | X^e | Q^e | \quad (1)$$

Будемо далі формувати функціонал і обмеження оптимізаційної задачі таким чином, щоб не вийти за межі класу лінійних змішано-цілочисельних задач. При цьому, використовуючи (1), ми можемо моделювати для кожної змінної кінцевого стану x_i^e та критеріальної змінної q^e , нелінійні співвідношення-моделі вигляду:

$$x_i^e = f(q^b, x^b) + a_i \cdot u + a_{0i}, \quad q^e = f'(q^b, x^b) + c_u \cdot u + c_0 \quad (2)$$

Тоді можливо записати оптимізаційну задачу у наступному вигляді:

$$\begin{cases} \min_u q^e = \min_u f'(q^b, x^b) + c_u \cdot u + c \\ x_1^e = f_1(q^b, x^b) + a_1 \cdot u + a_{01} \\ \dots \\ x_m^e = f_m(q^b, x^b) + a_m \cdot u + a_{0m} \\ f^*(q^b, x^b) + b_x^e x^e + b_u \cdot u + b_0 \leq 0 \end{cases} \quad (3)$$

де деякі з управлінь u можуть приймати тільки цілочисельні значення.

Тут принципово важливо те, що в оптимізаційній задачі для конкретного стану передісторії об'єкту ми не виходимо за рамки ЗЦЛП задачі.

Дійсно, оскільки рядки підматриць X^b , Q^b відомі нам, як стан об'єкту до оптимізації, то представляючи конкретні її значення у моделі, що отримано, ми замість нелінійних членів маємо відповідні константи, що налаштовують моделі на його передісторію. Сама ж задача оптимізації (3) після такої підстановки має лінійний вигляд (4).

$$\begin{cases} \min_u q^e = \min_u c_u \cdot u + c' \\ x_1^e = a_1 \cdot u + a'_{01} \\ \dots \\ x_m^e = a_m \cdot u + a'_{0m} \\ b_x^e x^e + b_u \cdot u + b'_0 \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

Задачі (3,4) можуть бути використані для прийняття оптимальних рішень в разі достатнього рівня адекватності подання реакцій об'єкту статистичними моделями виду (2).

Задача розрахунку оптимального керуючого впливу може бути приведена до вигляду (4) не тільки при наявності матриці (1) спостережень за одним і тим же об'єктом, але і при наявності статистики для множини досить однорідних об'єктів: статистика подається матрицею об'єкт-властивості:

$$X = | X^b | I^b | X^e | q^e | U | \quad (5)$$

Однорідність розуміється в сенсі можливості подання адекватними статистичними моделями співвідношень (2) за даними матриці об'єкт-властивості (5), де відповідні рядки матриці X відносяться вже не до різних варіантів переходу одного і того ж об'єкта з різних початкових станів у відповідні кінцеві, а описують перехід з деякого початкового стану в кінцевий для різних об'єктів. У такому випадку для врахування особливостей кожного об'єкту матриця об'єкт-властивості доцільно розширюється за рахунок врахування характерних параметрів об'єктів, що досліджуються. Блочна матриця вихідних даних завдання тоді має вигляд:

$$X = | X^p | X^b | I^b | X^e | q^e | U | \quad (6)$$

$$\text{де } X^p = \begin{bmatrix} x_{11}^p & \dots & x_{1g}^p \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{n1}^p & \dots & x_{ng}^p \end{bmatrix},$$

та де кожний рядок підматриці X^p містить g характерних параметрів відповідного об'єкту.

Вид задачі оптимізації при цьому практично не змінюється, а в співвідношення (2) додаються члени моделі, що пов'язані зі характерними параметрами об'єкту.

$$\begin{cases} x^e = f(q^b, x^b, x^p) + a_u \cdot u + a_0, \\ q^e = f'(q^b, x^b, x^p) + c_u \cdot u + c_0 \end{cases} \quad (7)$$

Відповідна задача оптимізації при цьому набуває вигляду:

$$\begin{cases} \min_u q^e = \min_u f'(q^b, x^b, x^p) + c_u \cdot u + c \\ x_1^e = f_1(q^b, x^b, x^p) + a_1 \cdot u + a_{01} \\ \dots\dots\dots \\ x_m^e = f_m(q^b, x^b, x^p) + a_m \cdot u + a_{0m} \\ f^*(q^b, x^b, x^p) + b_x^e x^e + b_u \cdot u + b_0 \leq 0 \end{cases} \quad (8)$$

При необхідності оптимізаційного розрахунку керуючих впливів для деякого об’єкту, в наявній моделі виду (7) підставляються значення його передісторії (x^b, q^b) і параметри x^p , тим самим ми підстроюємо систему обмежень на передісторію і параметри об’єкта, для якого будемо шукати оптимальне значення керуючих змінних. Задача (8) при цьому приймає лінійний вид щодо змінних, що розраховуються, аналогічний (4). В результаті, підхід, що ми розглянули, дозволяє формувати частково нелінійні моделі для опису процесів, що досліджуються, тим самим збільшуючи точність прогнозу наших моделей і в той же час не ми виходимо на етапі оптимізації з класу ЗЦЛП задач.

Інтерес до прикладних задач того виду, що було розглянуто, викликаний тим, що в разі можливості подання реакції біологічного об’єкта у вигляді

такої дискретної моделі виникає можливість не тільки оптимізувати процес клінічних випробувань в процесі самого випробування, але і відкривається можливість індивідуальних налаштувань лікарських впливів для конкретного об’єкту з урахуванням його індивідуальних параметрів і стану перед лікувальним періодом.

В якості прикладу було обрано пошук оптимальної стратегії проведення операції та лікування хворого у післяопераційний період, після виконання операції аортокоронарного шунтування. База даних налічує 129 записів, кожен з яких відповідає окремому пацієнтові та 271 змінну. Для даного дослідження з них було відібрано 21 (табл. 1).

Дані подано у вигляді матриці X об’єкт-властивості, де кожен об’єкт (рядок) описано набором властивостей (стовпці). Матриця містить інформацію про стан об’єктів до та після застосування лікувальної дії. Таким чином, можемо її подати у вигляді блокової матриці, подібної (6), де $X^p = (X1, \dots, X9)$ — підматриця параметрів, $X^b = (X10, X11, X12)$ — підматриця станів до застосування управління, $X^e = (X13, X14, X15)$ — підматриця станів після застосування управління, I — вектор значень критеріальної змінної після лікування, $U = (U1, \dots, U5)$ — підматриця дозувань лікувальних препаратів, що застосовано.

Таблиця 1

Застосовані у дослідженні змінні

Позначення	Атрибут	Короткий опис
X1	Возраст	вік пацієнта
X2	Время наблюдения	час, який пацієнт провів під лікарським наглядом
X3	NYHA	функціональний клас хворого на серцеву недостатність
X4	КСО	кінцевий систолічний об’єм при госпіталізації пацієнта
X5	КСР	кінцевий систолічний розмір при госпіталізації пацієнта
X6	К-во КА	кількість коарктованих артерій
X7	Жизнеспособный миокард	відсоток життєздатних тканин міокарду
X8	Лактат	частка солей молочної кислоти у крові пацієнта при госпіталізації
X9	ИСЛС	сistolічний тиск при госпіталізації
X10	САД1	сатурація гемоглобіну змішаної венозної крові киснем при госпіталізації
X11	SvO2	коефіцієнт утилізації кисню при госпіталізації
X12	КУО2	коефіцієнт утилізації кисню при госпіталізації
X13	САД4	сistolічний тиск після операції та лікування.
X14	SvO2(4)	сатурація гемоглобіну змішаної венозної крові киснем після операції та подальшого лікування.
X15	КУО2(4)	коефіцієнт утилізації кисню після операції та подальшого лікування.
U1	К-во шунтов	кількість аортокоронарних шунтів, що були імплантовані пацієнтові під час операції
U2	Длительность	час прийому препаратів після операції
U3	Эфедрин	доза препарату «Ефідрин»
U4	Фенамин	доза фенаміну
U5	Тирамин	доза тираміну
I	Продолжительность жизни	Тривалість життя пацієнта після операції

Задачу розрахунку сформулюємо наступним чином: розрахувати оптимальне поєднання доз лікувальних препаратів та кількості шунтів для конкретного пацієнта виходячи з отримання максимальної тривалості життя після операції при заданих обмеженнях на значення інших змінних стану.

Використовуючи дані блокової матриці X, отримуємо моделі прогнозу кінцевого стану об'єкту від вхідних станів та управліннь у вигляді (2). Для цього використаємо версію модифікованого алгоритму МГУА з комбінаторної селекцією і ортогоналізації змінних (МАКСО) [3–5] в який введена функція протекції змінним в лінійній формі.

В результаті розрахунку, було одержано наступні моделі:

$$\begin{aligned}
 I &= X1 / X6 * 0.221 + X2 * (-1.501) + \\
 &+ X3 * (1 / X5 * 1.669 + 1 / X1 * (-1.855)) + \\
 &+ X5 / X7 * (28.822) + U1 * ((X3 / X5) * 0.357 + \\
 &+ X11 * (-4.663)) + U2 * (X3 / X9 * (-1.053) + \\
 &+ 1 / X9 * 45.341) + U3 * (X6 / X5 * (-0.035) + \\
 &+ X6 / X7 * (-0.007)) + U4 * (X3 / X7 * (0.037) + \\
 &+ X8 / X1 * (-1.170)) + U5 * (X3 / X4 * (0.166) + \\
 &+ X11 / X4 * (-6.120)) \\
 X13 &= X5 * X5 * 0.206 + X6 * (X1^{(-1)}) * (-67.205) + \\
 &+ U1 * ((X5^{(-2)}) * (-31.684) + (X3^{(-1)} * X1^{(-1)}) * (3.222) + \\
 &+ U2 * (X7 * X12^{(-1)} * (0.110) + X1 * X4^{(-1)} * (-0.185)) + \\
 &+ U3 * (X7^{(-2)}) * (-141.249) + (X7^{(-1)} * X11^{(-1)}) * \\
 &+ (1.264)) + U4 * (X4 * X12^{(-1)} * (-0.007) + \\
 &+ (X7^{(-1)} * X10^{(-1)}) * (6.832)) + U5 * (X5^{(-1)} * X8^{(-1)} * \\
 &+ (-0.602) + X7^{(-1)} * X1^{(-1)} * (0.078)) + 66.685 \\
 X14 &= X12 * (X7^{(-1)} * (-0.458152) + X8^{(-1)} * \\
 &+ (-0.0017336)) + U1 * (X11 * X8^{(-1)} * (0.0152271) + \\
 &+ X12 * X7^{(-1)} * (-0.0047894)) + U2 * (X7^{(-2)} * \\
 &+ (-0.3082337) + X11 * X11 * (0.0006857)) + \\
 &+ U3 * X6 * X6 * (-0.0000216) + U4 * ((X1 * X8^{(-1)}) * \\
 &+ (-0.04813008) + X10^{(-1)} * X11^{(-1)} * (0.0113573)) + \\
 &+ U5 * (X7^{(-2)} * 0.105060640 + X8 * X11 * \\
 &+ (-0.0000089)) + 0.7706206 \\
 X15 &= X7 * (X10^{(-1)} * (-14.963) + X1^{(-1)} * (-3.944)) + \\
 &+ U1 * (X1 * (0.010) + X10 * X9^{(-1)} * (-4.100)) + \\
 &+ U2 * (X11 * X8^{(-1)} * (-0.080) + X7 * X1^{(-1)} * (0.060)) + \\
 &+ U3 * (X9 * X7^{(-1)} * (-0.0000686) + (X7^{(-2)} * (2.885)) + \\
 &+ U4 * (X5 * X6^{(-1)} * (-0.037) + X7^{(-2)} * (31.176)) + \\
 &+ U5 * (X3 * X7^{(-1)} * (-0.042) + X7 * X1^{(-1)} * (0.009)) + \\
 &+ 46.794
 \end{aligned}$$

Запишемо формальну постановку оптимізаційної задачі, ґрунтуючись на моделях, що отримано. Для формування обмежень визначимо границі змінних з матриці X^e (табл. 2). Також треба зазначити, що дана задача відноситься до класу ЗЦЛП, через те, що змінна U1 обмежена лише цілими значеннями.

Таблиця 2
Обмеження змінних з матриці X^e

Змінна	Нижня границя	Верхня границя
САД4 (X13)	18	81
SvO2(4) (X14)	0.35	0.99
KyO2(4) (X15)	21	50

З урахуванням виразів знайдених моделей сформуємо оптимізаційну задачу:

$$\begin{aligned}
 \max I &= X1 / X6 * 0.221 + X2 * (-1.501) + \\
 &+ X3 * (1 / X5 * 1.669 + 1 / X1 * (-1.855)) + \\
 &+ X5 / X7 * (28.822) + U1 * ((X3 / X5) * 0.357 + \\
 &+ X11 * (-4.663)) + U2 * (X3 / X9 * (-1.053) + \\
 &+ 1 / X9 * 45.341) + U3 * (X6 / X5 * (-0.035) + \\
 &+ X6 / X7 * (-0.007)) + U4 * (X3 / X7 * (0.037) + \\
 &+ X8 / X1 * (-1.170)) + U5 * (X3 / X4 * (0.166) + \\
 &+ X11 / X4 * (-6.120)) \\
 18 &\leq X5 * X5 * 0.206 + X6 * (X1^{(-1)}) * (-67.205) + \\
 &+ U1 * ((X5^{(-2)}) * (-31.684) + (X3^{(-1)} * X1^{(-1)}) * (3.222) + \\
 &+ U2 * (X7 * X12^{(-1)} * (0.110) + X1 * X4^{(-1)} * (-0.185)) + \\
 &+ U3 * (X7^{(-2)}) * (-141.249) + (X7^{(-1)} * X11^{(-1)}) * \\
 &+ (1.264)) + U4 * (X4 * X12^{(-1)} * (-0.007) + \\
 &+ (X7^{(-1)} * X10^{(-1)}) * (6.832)) + U5 * (X5^{(-1)} * X8^{(-1)} * \\
 &+ (-0.602) + X7^{(-1)} * X1^{(-1)} * (0.078)) + 66.685 \leq 81 \\
 0.35 &\leq X12 * (X7^{(-1)} * (-0.458152) + X8^{(-1)} * \\
 &+ (-0.0017336)) + U1 * (X11 * X8^{(-1)} * (0.0152271) + \\
 &+ X12 * X7^{(-1)} * (-0.0047894)) + U2 * (X7^{(-2)} * \\
 &+ (-0.3082337) + X11 * X11 * (0.0006857)) + \\
 &+ U3 * X6 * X6 * (-0.0000216) + U4 * ((X1 * X8^{(-1)}) * \\
 &+ (-0.04813008) + X10^{(-1)} * X11^{(-1)} * (0.0113573)) + \\
 &+ U5 * (X7^{(-2)} * 0.105060640 + X8 * X11 * \\
 &+ (-0.0000089)) + 0.7706206 \leq 0.99 \\
 21 &\leq X7 * (X10^{(-1)} * (-14.963) + X1^{(-1)} * (-3.944)) + \\
 &+ U1 * (X1 * (0.010) + X10 * X9^{(-1)} * (-4.100)) + \\
 &+ U2 * (X11 * X8^{(-1)} * (-0.080) + X7 * X1^{(-1)} * (0.060)) + \\
 &+ U3 * (X9 * X7^{(-1)} * (-0.0000686) + (X7^{(-2)} * (2.885)) + \\
 &+ U4 * (X5 * X6^{(-1)} * (-0.037) + X7^{(-2)} * (31.176)) + \\
 &+ U5 * (X3 * X7^{(-1)} * (-0.042) + X7 * X1^{(-1)} * (0.009)) + \\
 &+ 46.794 \leq 50
 \end{aligned}$$

На даному етапі задача сформована у вигляді (13). Наступним кроком перетворимо (13) до її часткового виду, налаштованого на конкретний об’єкт. Для цього було обрано об’єкт з такими показниками X^p та X^b : Возраст = 73, NYHA = 4, Время наблюдения = 36, КСО госпит = 151.2, КСР-госпит = 5.5, К-во КА = 4, Жизнеспособный миокард = 85, Лактат = 1.2, ИСЛС = 420, САД1 = 78, SvO2(1) = 0.62, КУО2(1) = 37.3737374, К-во шунтов 4, Длительность = 70, Эфедрин = 0, Фенамин = 0, Тирамин = 240, Продолжительность жизни = 26, САД4 = 85, SvO2(4) = 0.72, КУО2(4) = 28.847465. Після налаштування, вирази моделей набудуть такого вигляду:

$$\begin{aligned} \max I &= 1.925667272727273 * U1 + \\ &+ 0.01769761904761906 * U2 - \\ &- 0.02578395721925134 * U3 - \\ &- 0.003562288477034648 * U4 + \\ &+ 0.038853788428951826 * U5 + \\ &+ 17.505772056992164 \\ 18 \leq &- 1.0461789312804257 * U1 + \\ &+ 0.1608568750269815 * U2 - \\ &- 0.004434785132269227 * U3 - \\ &- 0.027288881789698977 * U4 - \\ &- 0.0911995507044661 * U5 + \\ &+ 69.23403424657535 \leq 81 \\ 0.35 \leq &0.00576147864287059 * U1 + \\ &+ 0.00022092097619377164 * U2 - \\ &- 0.0003456 * U3 - 2.9276783509512 * U4 + \\ &+ 0.000007919665051903115 * U5 + \\ &+ 0.5151826656312157 \leq 0.99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 21 \leq &- 0.03142857142857147 * U1 + \\ &+ 0.028529680365296795 * U2 + \\ &+ 0.000060343252595155704 * U3 - \\ &- 0.04655998269896194 * U4 - \\ &- 0.00730878323932313 * U5 + \\ &+ 25.895837899543377 \leq 50 \end{aligned}$$

Для зручності роботи з задачами того типу, що було розглянуто, була розроблена спеціалізована програмна система. Система дозволяє в інтерактивному режимі вводити повні вирази моделей, що визначають цільову функцію та кінцеві стани об’єкту в зручних для оператора позначеннях, формувати обмеження, підставляти в них значення передісторії, параметрів об’єкту, розраховувати вхідні параметри для ЗЦЛП задачі. Оператор формує оптимізаційні задачі в зручних для себе позначеннях, паралельно до визначає їх системою змінних для структури даних програмного інструменту оптимізації. Після завершення введення формалізмів оптимізаційної задачі проводиться підстановка в неї параметрів і початкових умов стану об’єкту. Система формує підсумкову лінійну форму та визначає параметри для структури даних на вході програмного інструменту вирішення ЗЦЛП задачі. Потім відбувається розрахунок оптимального рішення.

Проілюструємо вищесказане: вигляд інтерфейсу системи у браузері зображено на рис. 1.

Вводимо в систему інформацію про змінні, що відносяться до підматриці X^b і U . Формуємо цільову функцію I та набір обмежень. Моделі кінцевих станів формують набір обмежень для кінцевого стану об’єкту — помістимо вирази відповідних моделей у подвійні нерівності, що обмежують їх значення (рис. 2).

Тепер здійснимо налаштування вільного члену моделей на передісторію конкретного об’єкту. Для

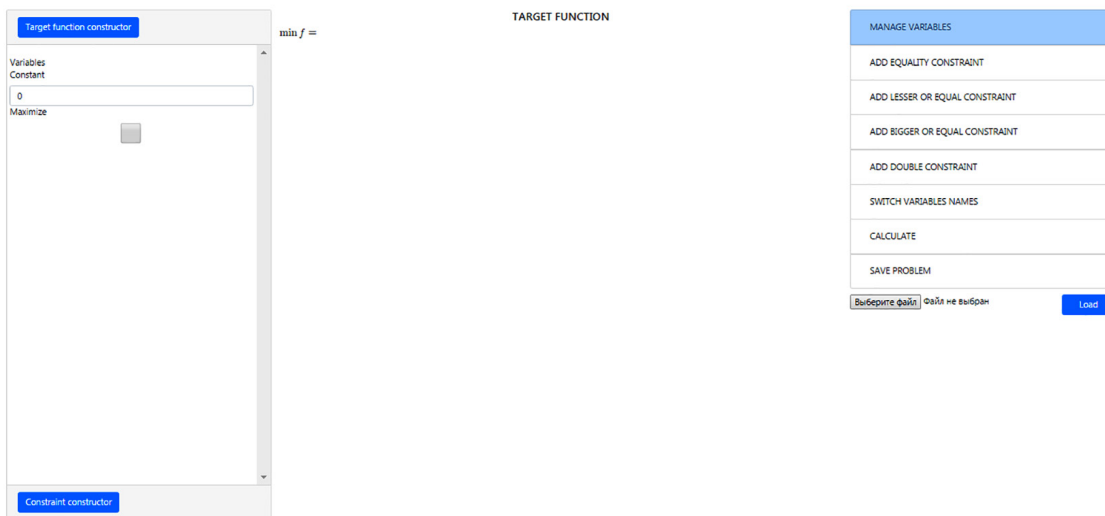


Рис. 1. Початок роботи з системою
Джерело: розробка автора

TARGET FUNCTION

$$\max f = 1 * X1 * (0.221 * X6^{-1}) - 1.501 * X2 + 1 * X3 * (1.669 * X5^{-1} - 1.855 * X1^{-1}) + 1 * X5 * (28.822 * X7^{-1}) + 1 * U1 * (0.357 * X3 * 1 * X5^{-1} - 0.663 * X11) + 1 * U2 * (-1.053 * X3 / 1 * X9 + 45.341 * X9^{-1}) + 1 * U3 * (-0.035 * X6 / 1 * X5^1 - 0.007 * X6 / 1 * X7) + 1 * U4 * (0.037 * X3 / 1 * X7 - 1.17 * X8 / 1 * X1) + 1 * U5 * (0.166 * X3 / 1 * X4 + 1 * X11 / - 6.120 * X4) + 7.602$$

CONSTRAINTS

САД

$$18 \leq 0.206 * X5^2 + 1 * X6 * (-67.205 * X1^{-1}) + 1 * U1 * (-31.684 * X5^{-2} + 1 * X3^{-1} * 3.222 * X1^{-1}) + 1 * U2 * (1 * X7 * 0.110 * X12^{-1} + 1 * X1 * -0.185 * X4^{-1}) + 1 * U3 * (-141.249 * X7^{-2} + 1 * X7^{-1} * 1.264 * X11^{-1}) + 1 * U4 * (1 * X4 * -0.007 * X12^{-1} + 1 * X7^{-1} * 6.832 * X10^{-1}) + 1 * U5 * (1 * X5^{-1} * -0.602 * X8^{-1} + 1 * X7^{-1} * 0.078 * X1^{-1}) + 66.685 \leq 81$$

SvO2

$$0.35 \leq 1 * X12 * (-0.458152 * X7^{-1} - 0.0017336 * X8^{-1}) + 1 * U1 * (1 * X11 * 0.0152271 * X8^{-1} + 1 * X12 * -0.0047894 * X7^{-1}) + 1 * U2 * (-0.3082337 * X7^{-2} + 0.0006857 * X11^2) + 1 * U3 * (-0.0000216 * X6^2) + 1 * U4 * (1 * X1 * -0.04813008 * X8^{-1} + 1 * X10^{-1} * 0.0113573 * X11^{-1}) + 1 * U5 * (0.10506064 * X7^{-2} + 1 * X8 * -0.0000089 * X11) + 0.7706206 \leq 0.99$$

KyO2

$$21 \leq 1 * X7 * (-14.963 * X10^{-1} - 3.944 * X1^{-1}) + 1 * U1 * (0.01 * X1 + 1 * X10 * -4.100 * X9^{-1}) + 1 * U2 * (1 * X11 * -0.080 * X8^{-1} + 1 * X7 * 0.060 * X1^{-1}) + 1 * U3 * (1 * X9 * -0.0000686 * X7^{-1} + 2.885 * X7^{-2}) + 1 * U4 * (1 * X5 * -0.037 * X6^{-1} + 31.176 * X7^{-2}) + 1 * U5 * (1 * X3 * -0.042 * X7^{-1} + 1 * X7 * 0.009 * X1^{-1}) + 46.794 \leq 50$$

Рис. 2. Сформована задача оптимізації
Джерело: розробка автора

TARGET FUNCTION

$$\max f = 1.925667272727273 * U1 + 0.01769761904761906 * U2 - 0.02578395721925134 * U3 - 0.003562288477034648 * U4 + 0.038853788428951826 * U5 + 17.505772056992164$$

CONSTRAINTS

САД

$$18 \leq -1.0461789312804257 * U1 + 0.1608568750269815 * U2 + 0.004434785132269227 * U3 - 0.027288881789698977 * U4 - 0.0911995507044661 * U5 + 69.23403424657535 \leq 81$$

SvO2

$$0.35 \leq 0.00576147864287059 * U1 + 0.00022092097619377164 * U2 - 0.0003456 * U3 - 2.9276783509512 * U4 + 0.000007919665051903115 * U5 + 0.5151826656312157 \leq 0.99$$

KyO2

$$21 \leq -0.03142857142857147 * U1 + 0.028529680365296795 * U2 + 0.000060343252595155704 * U3 - 0.04655998269896194 * U4 - 0.00730878323932313 * U5 + 25.895837899543377 \leq 50$$

Рис. 3. Налаштування моделей на об'єкт
Джерело: розробка автора

CALCULATION RESULT	
Optimization status:	Optimal
Target function value:	40.73715335381506
Длительность	241.7351
Количествошунтов	5
Тирамин	240
Фенамин	0
Эфедрин	0
САД4	81.00000019143623
SvO2(4)	0.5992951327303244
KyO2(4)	30.881212201036025

Рис. 4. Результати розрахунку
Джерело: розробка автора

цього використаємо значення атрибутів X^b для, наприклад, першого рядка і підставимо їх у моделі. В результаті будемо мати рис. 3.

Після виконання розрахунків, сервер повертає інформацію: статус, оптимальні значення змінних управління і кінцеві значення змінних стану (рис. 4).

Результати, що отримано задовольняють встановленим обмеженням, розраховано оптимальні значення для змінної критерію і змінних управління. У таблиці 3 наведена порівняльна характеристика розрахованих даних та реальних значень.

Висновки. Розрахунок лікувальної стратегії представлено, як задача оптимізації прогнозу стану об'єкту, що подається дискретними, лінійними за управліннями, моделями. Моделі кінцевих станів описуються, як нелінійні за початковими станами об'єкту та лінійно-цілочисельні за управліннями, що дозволяє підвищити точність прогнозу моделей і не вийти з класу ЗЦЛП задач в задачі оптимізації.

Таблиця 3

Порівняння розрахункових та реальних даних

Змінна	Розрахункове значення	Реальне значення
Продолжительность жизни	40.73715335381506	26
Длительность	241.7351	70
Количество шунтов	5	4
Тирамин	240	240
Количество шунтов	5	4
Тирамин	240	240
Фенамин	0	0
Эфедрин	0	0
САД4	81.00000019143623	85
SvO2(4)	0.5992951327303244	0.72
KyO2(4)	30.881212201036025	28.847465

Підхід, що запропоновано дозволяє здійснити індивідуальний розрахунок лікувальних впливів для конкретного об'єкту з урахуванням його індивідуальних параметрів і стану перед лікувальним процесом. Розроблено програмний комплекс, що дозволяє у інтерактивному режимі вводити вирази моделей

в зручних для оператора позначеннях, формувати обмеження, підставляти в них значення передісторії, параметрів об'єкту, розраховувати вхідні параметри для структури даних на вході програмного інструменту вирішення ЛП задачі. Розглянуто приклад розрахунку оптимальної лікувальної стратегії.

Література

1. Optimal Control by Mathematical Programming. / Tabak, Daniel; Kuo, Benjamin C. — Prentice Hall, 1971. 237 pages, ISBN: 0136381065
2. Identification of Systems. / Daniel Graupe. — Krieger Pub Co, — 276 pages, ISBN13: 9780882753591
3. Шелудько О. И. Самоорганизация математических моделей при решении некоторых задач надежности и контроля / Дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Шелудько Олег Иванович — К., 1975. — 166 с.
4. Development and application of self-organization algorithms for modeling of complex processes and objects which are represented by the point former / Vanin V. V., Pavlov Alex. V. — Proceedings of Tavria State agrotechnical academy. Pub. 4, Vol. 24, Melitopol, 2004, 51–56. (In Ukrainian).
5. Модифицированный алгоритм с комбинаторной селекцией и ортогонализацией переменных и его анализ / Павлов А. В. // Индуктивное моделирование складных систем. Зб. наук. праць. — К.: МННЦІТС НАНУ, 2010. — С. 130–139.

References

1. Optimal Control by Mathematical Programming. / Tabak, Daniel; Kuo, Benjamin C. — Prentice Hall, 1971. 237 pages, ISBN: 0136381065
2. Identification of Systems. / Daniel Graupe. — Krieger Pub Co, — 276 pages, ISBN13: 9780882753591
3. Shelud'ko O. I. Samoorganizatsiya matematicheskikh modelei pri reshenii nekotoryh zadach nadeznosti i kontrolya / Dis. ... kand. tehn. nauk: 05.13.01 / Shelud'ko Oleg Ivanovich — K., 1975. — 166 с.
4. Development and application of self-organization algorithms for modeling of complex processes and objects which are represented by the point former / Vanin V. V., Pavlov Alex. V. — Proceedings of Tavria State agrotechnical academy. Pub. 4, Vol. 24, Melitopol, 2004, 51–56. (In Ukrainian).
5. Modificirovannyi algoritm s kombinatornoj selekciei s ortogonalizaciei peremennykh I ego analiz / Pavlov A. V. // Induktivne modeluvannya skladnykh system. — К.: MNNCITS NANU, 2010. — С. 130–139.

Плосконос Віктор Григорович

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
доцент кафедри екології та технології рослинних полімерів
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Плосконос Виктор Григорьевич

*кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
доцент кафедры экологии и технологии растительных полимеров
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Ploskonos Viktor

*Candidate of Technical Sciences, Senior Scientist, Assistant Professor of the Department of
Ecology and Plant Polymers Technology
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

DOI: 10.25313/2520-2057-2018-21-4428

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В РОЗРОБЦІ ПЛАНІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ ТА КАРТОНУ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗРАБОТКЕ ПЛАНОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ И КАРТОНА

USING COMPUTER TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF PLANS FOR EXPERIMENTAL RESEARCH OF COMPLEX TECHNOLOGICAL SYSTEMS OF PAPER AND CARDBOARD PRODUCTION

Анотація. Розроблено матрицю експерименту за використання критеріїв та спеціального діалогового програмно-го комплексу, що забезпечує максимальну інформативність та шумостійкість експериментальних досліджень процесу екстракції водорозчинних органічних речовин із волокнистих напівфабрикатів під час виробництва паперу та картону з мінімальним споживанням свіжої води.

Ключові слова: матриця експерименту, критерії максимальної інформативності, система водокористування, виробництво паперу та картону, органічні водорозчинні речовини.

Аннотация. Разработана матрица эксперимента с использованием критериев и специального диалогового программного комплекса, обеспечивающих максимальную информативность и помехоустойчивость экспериментальных исследований процесса экстракции водорастворимых органических веществ из волокнистых полуфабрикатов при производстве бумаги и картона с минимальным потреблением свежей воды.

Ключевые слова: матрица эксперимента, критерии максимальной информативности, система водопользования, производство бумаги и картона, органические водорастворимые вещества.

Summary. An experiment matrix was developed using criteria and a special interactive software package that provide maximum information and noise immunity of experimental studies of the process of extracting water-soluble organic substances from fibrous semi-finished products in paper and cardboard production with minimal fresh water consumption.

Key words: experiment matrix, maximum information content criteria, water use system, paper and cardboard production, organic water-soluble substances.

Технологічні процеси виробництва паперу та картону — це переважно процеси, які базуються на розгалужених взаємопов’язаних водопотоках між технологічним обладнанням процесу виробництва та очисними спорудами. За всіма ознаками такі технологічні процеси можуть бути віднесені до класу складних систем, тому і потребують особливого підходу до аналізу їх стану за використання топологічного методу аналізу [1; 2].

Аналіз літературних джерел та додаткові дослідження складних систем водокористування виробництва паперу та картону за мінімального споживання свіжої води дало можливість визначитися з областю експериментальних досліджень, а також факторами процесу екстракції органічних речовин із волокнистих напівфабрикатів, які, в кінцевому варіанті, матимуть визначальний вплив на стан зворотних та стічних вод [3].

Таким чином, метою даної статті є використання комп’ютерних технологій для розробки плану (матриці) експериментальних досліджень з подальшим створенням адекватних математичних моделей, які придатні для цілей моделювання, а саме: для прогнозування рівнів забруднення водопотоків виробництва паперу та картону водорозчинними органічними, а також мінеральними компонентами.

Синтез таких планів відбувається за використання критеріїв та спеціального діалогового програмного комплексу, що забезпечує максимальну інформативність, а також (що дуже важливо) шумостійкість експериментальних досліджень [4]. Призначенням програмного комплексу є побудова багаторівневих (більше двох рівнів) планів активного експерименту. Такий підхід гарантує отримання максимально можливого обсягу інформації стосовно поведінки складного об’єкта, що вивчається, за фіксованого числа дослідів. Априорі відомості про структуру залежностей між відгуками (параметрами оптимізації) і факторами відсутні.

Як відомо, експеримент є найважливішим етапом багатьох фундаментальних і прикладних досліджень. Активний експеримент проводиться з метою «розвідувального» аналізу досліджуваного об’єкта та подальшого синтезу адекватної йому математичної моделі. Результати експериментальних досліджень дозволяють оцінити поведінку складного об’єкта за значеннями, що їх отримують вихідні змінні відгуки, обумовлені змінами вхідних параметрів (факторів).

Разом з тим, для розв’язання задач прогнозування, непрямого виміру і оптимального керування необхідна наявність моделей, що дозволяють передбачити значення відгуків у станах (точках факторного простору), які не досліджувалися в процесі проведення експерименту. Оскільки такі моделі створюються на підставі даних експерименту, то регресійна модель принципово не дозволяє одержати інформації про об’єкт більше, ніж цієї інформації

потенційно накопичено в процесі проведення експерименту та зафіксовано у вигляді таблиці даних.

Таким чином, для синтезу регресійної моделі, яка буде адекватною досліджуваному об’єкту, необхідно одержувати експериментальні дані в точках, які максимально відбивають різні його стани за обмеженого числа дослідів.

Сучасна теорія статистичного планування експерименту базується на припущенні, що модель об’єкта відома з точністю до коефіцієнтів. Це дозволяє знизити вимоги до інформативності плану: враховуються всього 2–3 рівня варіювання факторів, а досліді концентруються на границі області експерименту. За порушення прийнятого припущення різко зростає ймовірність прояву вкрай небажаних наслідків, викликаних побудовою моделі, яка є неадекватною до об’єкта, а саме: грубі похибки в прогнозуванні та прийнятті рішень та інше.

В такому випадку необхідно використовувати додаткові критерії для побудови інформативного плану експерименту за значного обмеження області перебору варіантів.

Вказані вимоги можна забезпечити, використовуючи критерії:

- максимуму мінімальної міждослідної відстані

$$d_{\min} = \min_{l,k} \left[\sum_{j=1}^M x_{lj} \otimes x_{kj} \right] \rightarrow \max; \quad l, k \in \overline{1, N}; \quad l \neq k, \quad (1)$$

$$\text{де } x_{lj} \otimes x_{kj} = \begin{cases} 0 & \text{якщо } x_{lj} = x_{kj}; \\ 1 & \text{якщо } x_{lj} \neq x_{kj}; \end{cases}$$

- максимуму евклідової відстані

$$\rho_{\min} = \min_{l,k} \left[\sum_{j=1}^M (x_{lj} - x_{kj})^2 \right]^{1/2} \rightarrow \max \quad (2)$$

Таким чином, критерій d_{\min} у виразі (1) забезпечує максимум ентропійної оцінки, яка розраховується за викреслювання будь-якого стовпця, їх пари, трійки і т.д в матриці експерименту.

Критерій ρ_{\min} у виразі (2) максимізує обхват області експерименту, що також є умовою підвищення його інформативності і сприяє мінімізації дисперсій оцінок коефіцієнтів моделі незалежно від її структури.

Потрібно відмітити, що ефективним є використання критеріїв в послідовності (1) — (2).

Спеціально створений програмний комплекс реалізує оригінальний метод планування експерименту, що базується на наступних реалістичних передумовах:

- для досліджуваного об’єкта задано (можливо з надлишком) вихідний список усіх релевантних (суттєвих) факторів і відгуків;
- один і той самий план експерименту бажано використовувати для вимірювання в кожному з дослідів не одного, а декількох відгуків;
- склад істотних факторів для різних відгуків може змінюватися;

- вид залежностей, що зв'язують відгуки з істотними для них факторами, апіорі невідомий;
- достовірні статистичні характеристики похибок вимірювання відгуків і відомості про характер їх розподілу відсутні;
- кількість дослідів обмежена фінансовими та часовими ресурсами.

Перераховані передумови обумовлюють наступні вимоги до методу синтезу інформативних планів:

- варіювання кожного фактору проводиться не менш, ніж на чотирьох дискретних рівнях;
- максимально рівномірне (просторове та пофакторне) покриття області експерименту за фіксованого числа дослідів;
- можливість врахування специфічних обмежень Користувача.

Облік перших двох вимог дозволяє отримати «максимум інформації» стосовно різних станів об'єкта, не залучаючи додаткових припущень про структуру моделі та про ступінь значимості того або іншого фактора.

Тим самим створюються сприятливі умови для розв'язку наступних задач:

- «розвідувальний» аналіз маловивченого об'єкта;
- структурно-параметрична ідентифікація об'єкта за експериментальними даними;

Програмний комплекс є унікальним програмним продуктом, що забезпечують побудову кінцевої множини максимально інформативних планів, з яких можливо вибрати компромісний варіант, керуючись оціночними показниками якості планів та різними додатковими вимогами, а також наявними у розпорядженні дослідника тимчасовими та фінансовими ресурсами на проведення експерименту.

У табл. 1 наведено рівні варіювання всіх факторів, які було досліджено в процесі попереднього вивчення складної технологічної системи виробництва паперу та картону і які визначають процес екстракції органічних речовин із волокнистих напівфабрикатів.

В якості матриці експерименту, за результатами якої буде проведена розробка математичних моделей, приймається матриця знаків дробного факторного експерименту (ДФЕ) 2^{8-4} з наступними ефектами взаємодії: $X_4 = X_1 * X_3$; $X_5 = X_1 * X_2 * X_8$; $X_6 = X_2 * X_3 * X_8$; $X_7 = X_1 * X_3 * X_8$.

Виходячи із логіки співвідношення рівнів факторів, що є важливим на стадії реалізації матриці експерименту, лінійні ефекти надані таким факторам, як X_1, X_2, X_3, X_8 .

Використання критеріїв (1), (2) надало можливість розробити матрицю експериментальних досліджень (табл. 2), яка відповідає вимогам максимально можливої інформативності $d_{min} = 3$, шумостійкості та економічності.

Висновки. Для дослідження складних процесів, до класу яких відноситься екстракція органічних речовин із волокнистих напівфабрикатів, розроблено план експериментальних досліджень. Синтез планів такого класу відбувається за використання критеріїв та спеціального діалогового програмного комплексу, що забезпечує максимальну інформативність, а також шумостійкість експериментальних досліджень.

Подальшим кроком дослідження є створення з використанням комп'ютерних технологій адекватних математичних моделей, які придатні для цілей моделювання, а саме: для прогнозування рівнів забруднення водопотоків виробництва паперу та картону водорозчинними органічними, а також мінеральними компонентами.

Таблиця 1

Фактори, що визначають процес екстракції органічних речовин із волокнистих напівфабрикатів та рівні їх варіювання

Фактори та їх позначення	Рівні варіювання					Інтервал варіювання
	+2	+1	0	-1	-2	
Вміст водорозчинних органічних речовин у волокнистій сировині, кг/т — X1	31,0	25,0	20,0	15,0	10,0	5,0
Відношення показників ХСК/БСК5 у водній витяжці волокнистої сировини — X2	6,83	5,47	4,12	2,77	1,42	1,35
Відношення показників БСК5/орг. частина у водній витяжці волокнистої сировини — X3	0,84	0,68	0,52	0,36	0,20	0,16
Температура зворотньої води для розбавлення маси, 0С — X4	90,0	72,0	54,0	36,0	18,0	18,0
Ступінь млива маси, ОШР — X5	55,0	47,5	40,0	32,5	25,0	7,5
Масова доля волокна, % — X6	3,0	2,3	1,6	0,9	0,25	0,7
Масова концентрація розчинних органічних речовин у зворотній воді, мг/л — X7	1036	784	532	280	29	252
Відношення показників ХСК/БСК5 у зворотній воді — X9	4,83	4,01	3,19	2,37	1,55	0,82

Таблиця 2

**Матриця експериментальних точок для ідентифікації процесу екстракції
водорозчинних органічних речовин**

№ точки	ФАКТОРИ							
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
1	-1/15	-1/2,77	-1/0,36	+2/90	-1/32,5	-1/0,90	-2/29	-2/1,55
2	-1/15	+2/6,83	-2/0,20	+1/72	+2/55,0	+2/3,0	-2/29	-2/1,55
3	-2/10	-1/2,77	-1/0,36	+1/72	+2/55,0	+2/3,0	+2/1036	+2/4,83
4	-1/15	+2/6,83	-1/0,36	+2/90	-2/25,0	-2/0,25	+2/1036	+1/4,01
5	-2/10	-1/2,77	+2/0,84	-2/18	-1/32,5	+1/2,30	+1/784	-1/2,37
6	-1/15	+1/5,47	+2/0,84	-2/18	+2/55,0	-2/0,25	+1/784	-2/1,55
7	-2/10	-2/1,42	+1/0,68	-1/36	+1/47,5	-1/0,90	-1/280	+2/4,83
8	-2/10	+1/5,47	+2/0,84	-1/36	-1/32,5	+1/2,30	-1/280	+1/4,01
9	+2/31	-1/2,77	-1/0,36	-2/18	+1/47,5	-1/0,90	+2/1036	-1/2,37
10	+1/25	+2/6,83	-2/0,20	-1/36	-2/25,0	+2/3,0	+2/1036	-2/1,55
11	+1/25	-2/1,42	-2/0,20	-2/18	-2/25,0	+2/3,0	-2/29	+2/4,83
12	+1/25	+1/5,47	-2/0,20	-1/36	+2/55,0	-2/0,25	-2/29	+2/4,83
13	+2/31	-2/1,42	+1/0,68	+2/90	+1/47,5	+1/2,30	-1/280	-1/2,37
14	+2/31	+2/6,83	+1/0,68	+1/72	-2/25,0	-2/0,25	-1/280	-1/2,37
15	+1/25	-2/1,42	+2/0,84	+1/72	-1/32,5	-1/0,90	+1/784	+1/4,01
16	+2/31	+1/5,47	+1/0,68	+2/90	+1/47,5	+1/2,30	+1/784	+1/4,01
17	0/20	0/4,12	0/0,52	0/54	0/40	0/1,60	0/53,2	0/3,19

Примітка: у лівому верхньому куті наведено кодоване значення фактору, а у правому нижньому — значення фактору в натуральному виразі

Література

1. Плосконос В. Г. Аналіз стану систем картонно-паперового виробництва з мінімальним споживанням свіжої води // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». — 2017. — № 15(37). — т. 1. — С. 52–55. DOI: 10.25313/2520-2057-2017-15-3055;
2. Плосконос В. Г. Використання топологічного методу для відображення структурних аспектів складних технологічних систем // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». — 2017. — № 17(39). — т. 1, с. 66–69, DOI: 10.25313/2520-2057-2017-17-3161.
3. Плосконос В. Г. Процес накопичення водорозчинних мінеральних і органічних речовин в системах оборотного водокористування — як об'єкт моделювання // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». — 2018. — № 6(46). — т. 1. — С. 39–43.
4. Кикоть В. С., Плосконос В. Г. Идентификация характеристик сложных проектируемых систем с использованием самоорганизации и топологического метода анализа. — Автоматика. — 1986. — № 3. — С. 34–42.

Саченко Анатолій Олексійович

доктор технічних наук, професор,

завідувач кафедри ІОСУ

Тернопільський національний економічний університет

Саченко Анатолій Алексеевич

доктор технических наук, профессор,

заведующий кафедрой ИВСУ

Тернопольский национальный экономический университет

Sachenko Anatoly

Doctor of Technical Sciences, Professor,

Head of the Department of the ICSM

Ternopil National Economic University

Золотухін Денис Васильович

студент

Тернопільського національного економічного університету

Золотухин Денис Васильевич

студент

Тернопольского национального экономического университета

Zolotukhin Denys

Student of the

Ternopil National Economic University

МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМ РОЗРОБКИ 3D МОДЕЛІ ДЛЯ ВІДЕОЗОБРАЖЕНЬ

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМ РАЗРАБОТКИ 3D МОДЕЛИ ДЛЯ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ

METHODS AND ALGORITHM FOR DEVELOPING 3D MODELS FOR VIDEOIMAGES

Анотація. У даній статті пропонується спосіб вдосконалення алгоритму розробки 3D моделі, шляхом створення і використання системи карт текстурів.

Ключові слова: комп'ютерна графіка, 3D моделювання, текстурування, скульптинг, 3D Max, Mary, ZBrush.

Аннотация. В данной статье предлагается способ усовершенствования алгоритма разработки 3D модели, путем создания и использования системы карт текстур.

Ключевые слова: компьютерная графика, 3D моделирование, текстурирование, скульптинг, 3D Max, Mary, ZBrush.

Summary. In this article we propose a way to improve the algorithm of developing a 3D model, by creating and using texture map system.

Key words: computer graphics, 3D modeling, texturing, sculpting, 3D Max, Mary, ZBrush.

Постановка задачі. Сьогодні дуже багато голлівудських фільмів, а також деяка кількість любительських роликів в інтернеті використовують 3D графіку для того, аби прикрасити драматичні або динамічні сцени, здешевити виробництво і показати те, чого вони не можуть показати в натурі. Однак процес створення 3D моделі є дуже тривалий і працезатратний, тому є необхідні у пошуках рішень які б допомогли покращити і полегшити цю роботу.

Мета роботи. Вдосконалення існуючого традиційного загальноприйнятого процесу створення 3D моделі, шляхом розробки і використання системи карт текстур.

Виклад основного матеріалу. 3D модель у процесі своєї розробки проходить такі етапи [1–3]:

- збір даних — збирається уся необхідна інформація про об’єкт моделювання. Для цього використовуються літературні, фото, відео і інтернет джерел.
- скульптинг — ліпка hi-poly 3D моделі, традиційно виконується у програмі ZBrush [3];
- ретопологія — перетворення hi-poly моделі у low-poly, це необхідно для того аби модель була придатною для подальшої обробки [1, 3];
- моделювання — полігональна ручна будова low-poly моделі, використовується у етапі ретопології, а також використовується для додаткового моделювання необхідних деталей [1, 2];
- текстуринг — створення і використання зображення в якості diffuse, normal, specular, displacement, SSS, bump карт. Для створення текстур використовується програми Photoshop або Mari [1];
- створення матеріалу — налаштування шейдерів, із використанням інструменталу вибраного візуалізатора (наприклад V-Ray);
- візуалізація — рендеринг кінцевого кадру, для цього також використовується візуалізатор;
- пост-продакшин — додаткова обробка кінцевого зображення.

Кожен етап потребує досить багато часу для своєї реалізації, але ці етапи можна спростити, для цього було розроблено систему карт текстур.

Система карт текстур — це набір заздалегідь заготовлених фрагментів текстур будь-яких типів (diffuse, displacement, specular і т.д.), які можуть комбінуватися між собою, з метою досягнення потрібної шейдерної інформації і/або геометрії цільової моделі. Основною особливістю даної системи є те, що можна використовуючи однакову або схожу геометрію багатьох моделей, але при цьому у кінцевому результаті вони будуть по різному виглядати. Це означає, що якщо наприклад потрібно швидко зробити обличчя персонажа, то замість того, аби робити його з нуля, можна використати геометрію уже раніше створеного персонажа і поміняти йому текстури, так можна зробити інакше обличчя при менших зусиль. Також дана система дозволяє створювати свої власні

текстури і редагувати існуючі. Візуально та система виглядає так як вказано на рис. 1.

Як видно на рис. 1 кожна папка містить набір текстур, які містять у собі колірну інформацію певної частини обличчя. Кожна текстура комбінується між собою шляхом включення та виключення потрібних карт, також вони можуть редагуватися шляхом використання інструменталу вибраної програми (у даній роботі використовувалася програма Mari). Зразки текстур зображено на рис. 2.

На рис. 2 показано як виглядають готові фрагменти носа людини. Ці чотири текстури знаходяться у відповідній папці «nose» (рисунок 1). І приблизно так виглядають усі решта текстур. Кожна папка містить у собі ряд різних текстур однієї тематики. Розробник бере потрібну, комбінує її з іншими текстурами і трохи редагує. На рисунку 3 зображено приклади яких результатів можна досягти шляхом комбінації текстур.

Як бачимо на рисунку 3, було отримано три версії 3D моделі голів персонажа, вони мають схожу геометрію і однакову топологію, але враховуючи те, що вони мають різні текстури різних типів, вони виглядають по різному. Отже виходить, що ство-

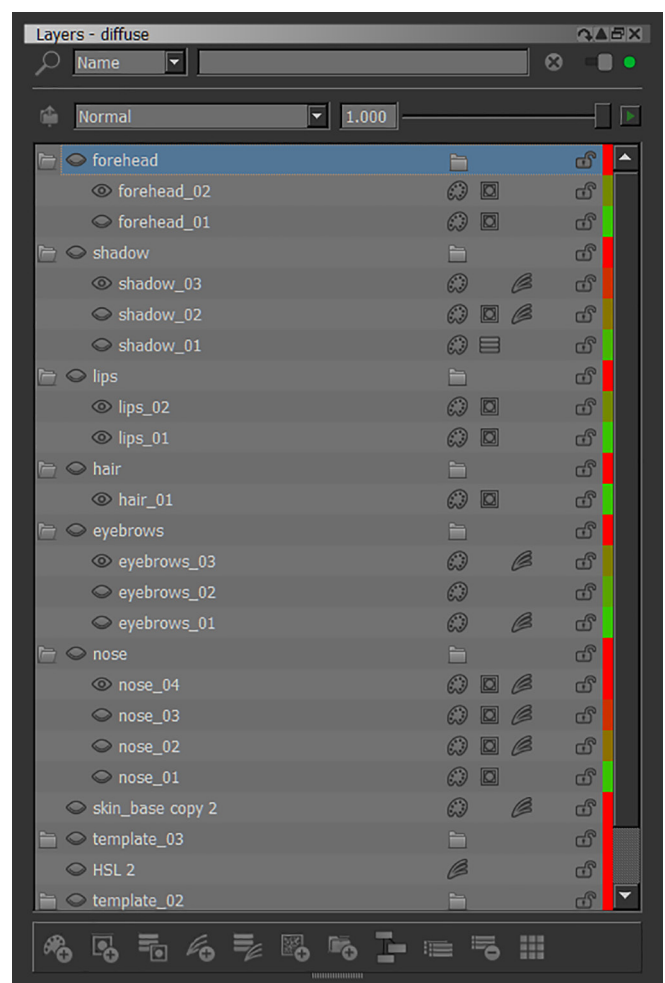


Рис. 1. Візуальний вигляд системи карт diffuse текстур голови персонажа у програмі Mari



Рис. 2. Приклади готових diffuse текстур носа



Рис. 3. Три версії голови персонажа. Два ракурси

ривши одну оригінальну копію, моделі і зробивши для неї усі необхідні текстури, можна модифікувати його копію, просто проредагувавши текстури можна створювати візуально різні моделі, при цьому не має потреби робити їх з нуля. І особливість також полягає в тому, що чим більше текстур знаходяться в системі карт, тим менше є потреби у створенні нових текстур, так як існуюча база дозволяє комбінувати уже зроблені шаблони з мінімальними змінами.

Висновки. Отже результатом даної роботи є створена системи карт текстур, яка дозволяє значно пришвидшити процес розробки 3D моделі. Дана система дозволяє пропустити такі етапи розробки як: скульптинг, ретопологія і частково текстурування, так як уже заздалегідь заготовлені текстури різних типів дозволяють розробнику вибирати і комбінувати ці карти для отримання потрібного візуального результату з лише відносно незначним доробленням.

Література

1. Autodesk Основы 3ds Max: справочник от Autodesk / Autodesk — М.: Издательский дом «Вильямс», 2015. — 356 с.
2. Сиденко Л. Компьютерная графика и геометрическое моделирование / Сиденко Л. — Питер, 2009. — 670 с.
3. Эрик Келлер Введения в Zbrush: пособие — М.: ДМК, 2018. — 754 с.

Скрипченко Олександр Васильович

студент кафедри електронних пристроїв та систем

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Скрипченко Александр Васильевич

студент кафедры электронных устройств и систем

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Skrypchenko Alexander

Student of the Department of Electronic Devices and Systems

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

DOI: 10.25313/2520-2057-2018-21-4479

РОЗРОБКА ЗАРЯДНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЛІТІЙ-ІОННОГО ТА ЛІТІЙ-ПОЛІМЕРНОГО АКБ З РЕЖИМОМ ЗАРЯДЖАННЯ РЕВЕРСИВНИМ СТРУМОМ

РАЗРАБОТКА ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННОГО И ЛИТИЙ-ПОЛИМЕРНОГО АКБ С РЕЖИМОМ ПОДЗАРЯДКИ РЕВЕРСИВНЫМ ТОКОМ

CONSTRUCTING A CHARGER FOR LITHIUM-ION AND LITHIUM-POLYMER BATTERIES WITH REVERSE CHARGING MODE

Анотація. Розроблений зарядний пристрій для літій-іонних, літій-полімерних акумуляторів, який сприятиме збільшенню кількості циклів заряду-розряду без суттєвих втрат ємності з часом. У роботі проведено аналіз існуючих рішень указаної задачі, які дозволяють побудувати пристрій. Виконано їх порівняння з погляду організації моделювання отримуваних розв'язків, виведення графіків. Для розв'язання розробленої схеми в роботі використано програми моделювання електричних систем.

Ключові слова: зарядний пристрій, літій-іонний/полімерний АКБ, заряд реверсивним струмом.

Аннотация. Разработано зарядное устройство для литий-ионных, литий-полимерных аккумуляторов, которое будет способствовать увеличению количества циклов заряда-разряда без существенных потерь емкости со временем. В работе проведен анализ существующих решений указанной задачи, которые позволяют построить устройство. Выполнено их сравнение с точки зрения организации моделирования получаемых решений, вывода графиков. Для решения разработанной схемы в работе использованы программы моделирования электрических систем.

Ключевые слова: зарядное устройство, литий-ионный/полимерный АКБ, заряд реверсивным током.

Summary. A charger for lithium-ion, lithium-polymer batteries is being developed, which will increase the number of charge-discharge cycles without significant loss of capacity over time. In the work the analysis of existing solutions of the given problem, allowing to construct the device is carried out. Their comparison from the point of view of organizing the modeling of the resulting solutions, drawing out graphs is made. To solve the developed scheme in the work there were used a program of simulation of electrical systems.

Key words: charger, lithium-ion/polymer battery, reverse charge current.

Літій-іонні та літій-полімерні акумулятори знайшли популярність порівняно нещодавно. Завдяки високій щільності енергії в 0.58 МДж/кг, високому ККД, та кількості циклів використання в середині 2000-х вони почали активно використовуватися в портативних пристроях, а з налагодженням виробництва та поступовим зменшенням собівартості батарей, почали встановлювати в автономні станції великої потужності (більше 30 кВт/год), автомобілі та інше. Проте всі акумулятори мають недоліки, які проявляються з плином часу. Причинами можуть бути як окиснення електродних матеріалів, так і використання акумуляторів у стресс-умовах, коли робота автономного пристрою продовжується нижче 5% заряду акумулятора [1].

Літій-іонний акумулятор складається з електродів (катодного матеріалу на алюмінієвій фользі і анодного матеріалу на мідній фользі), розділених просоченими електролітом пористими сепараторами. Корпус має запобіжний клапан, що скидає внутрішній тиск при аварійних ситуаціях і порушенні умов експлуатації.

Літій-іонні акумулятори застосовуються в комплекті з системою контролю і управління — СКУ або BMS (battery management system) і спеціальним пристроєм заряду розряду

До переваг літій-іонного акумулятора можна віднести:

1. Висока енергетична щільність (ємність);
2. Низький саморозряд;
3. Не вимагають обслуговування.

До недоліків відноситься той факт, що акумулятори Li-ion першого покоління були схильні до вибухового ефекту. Це пояснювалося тим, що в них використовувався анод з металевого літію, на якому в процесі багаторазових циклів зарядки / розрядки виникали просторові освіти (дендрити), що призводять до замикання електродів і, як наслідок, пожежі або вибуху. Цю проблему вдалося остаточно вирішити заміною матеріалу анода на графіт. Подібні процеси відбувалися і на катодах літій-іонних акумуляторів на основі оксиду кобальту при порушенні умов експлуатації (перезарядці). В табл. 1. наведені втрати ємності при зберіганні. Як можна побачити, зі збільшенням температури сумарна ємність акумулятора буде падати сильніше.

Таблиця 1

Втрата ємності при зберіганні

Температура, °C	C 40% зарядом, % за рік	Co 100% зарядом, % за рік
0	2	6
25	4	20
40	15	35
60	25	40% за три місяці

Вибір зарядного пристрою для li-ion та li-pol АКБ

Головними відмінностями розробки від інших видів зарядних пристроїв є:

- 1) зарядка літій-іонних та літій полімерних батарей змінним асиметричним струмом, замість постійного;
- 2) наявність в періоді асиметричного струму відрізка, меншого за нуль;
- 3) порівняно менші показники вхідного струму;
- 4) збільшення часу життя АКБ;
- 5) Збільшення циклів заряду АКБ.

В результаті неправильної експлуатації акумуляторних батарей їх пластини пасивуються і виходять з ладу. Проте, відомий спосіб відновлення таких батарей асиметричним струмом (при співвідношенні зарядної і розрядної складових цього струму 10:1 і співвідношенні імпульсів цих складових 1:2). Цей спосіб дозволяє активізувати поверхні пластин старих акумуляторів і виробляти профілактику справних.

Такий спосіб заряджання є більш довготривалим, ніж постійним струмом, але сприяє більш довготривалій службі, та підходить здебільшого для заряджання багатобаночних акумуляторів, де заміна АКБ проходить вкрай рідко, або взагалі відсутня. Звичайно ж такий спосіб заряджання набагато ефективніший для кислотних акумуляторів, де присутня сульфатація електроліту та ефект пам'яті, які відсутні в літій-полімерних та літій-іонних акумуляторів [2].

Відповідно до теорії і практики електрохімічних процесів заряд акумулятора реверсивним струмом дає можливість управляти відновними реакціями і структурними змінами активного матеріалу електродів. Це дозволяє збільшити пористість і сумарну площу діючої поверхні електродів, тобто збільшити поверхню зіткнення електроліту з активним матеріалом електродів, полегшити умови дифузії

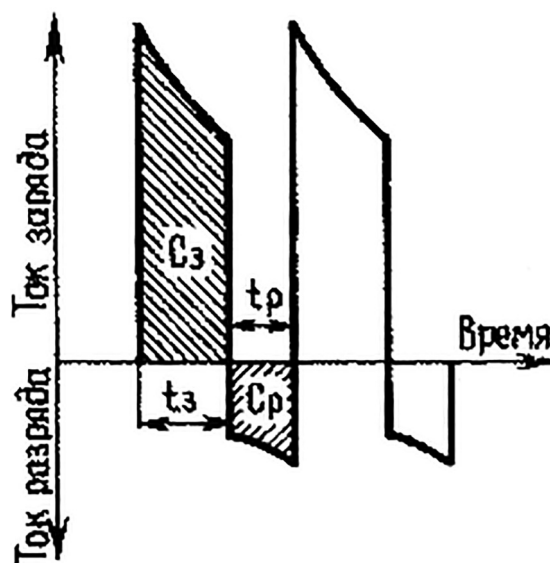


Рис. 1. Діаграма асиметричного струму

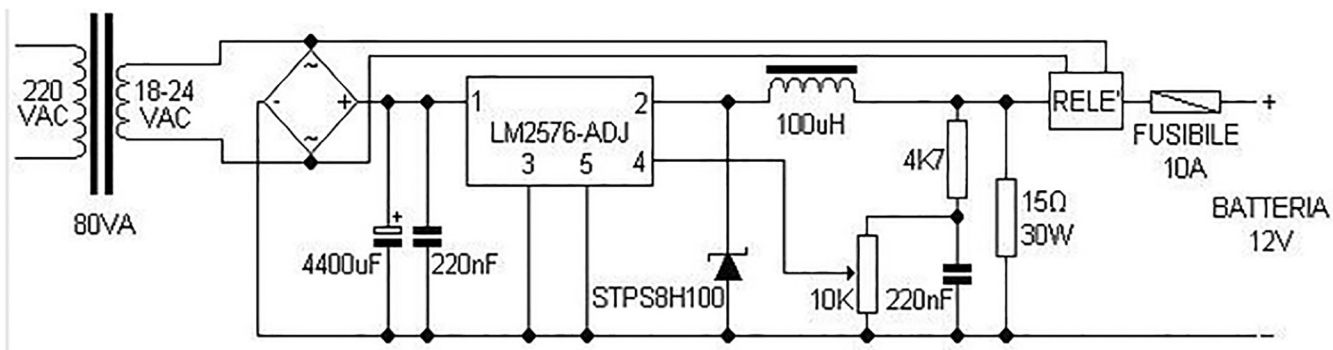


Рис. 2. Схема заряджання асиметричним струмом

і вирівнювання концентрації електроліту в приелектродному шарі. Збільшення пористості сприяє підвищенню величини максимального струму заряду і розряду.

При заряді реверсивним струмом в кінці заряду виділяється менше тепла і інтенсивне газовиділення та розгерметизація починається пізніше, створюються оптимальні умови регулювання відновних реакцій, зменшуються швидкості росту кристалів літію [3].

На рис. 1 представлена діаграма асиметричного струму для схеми.

Зарядка, що підключається електронним ключем до клем акумулятора, а в паузах до клем підключається розрядний резистор. Регулювати частоту і швидкість спрацьовування електронного ключа не є проблемою. Порядок заряду реверсивним струмом аналогічний заряду постійним струмом. Для його реалізації необхідно досить складний спеціальний зарядний пристрій — генератор реверсивного струму.

На рис. 2 представлена схема заряджання реалізована на LM2576-ADJ.

Звичайно ж час заряджання літій-іонних та літій-полімерних акумуляторів буде значно довший, ніж в інших кислотних АКБ, оскільки, маючи більш велику питому потужність та запасуючи енергію на кілограм, матимуть більший нагрів, який цим АКБ не є бажаним.

Середня максимальна температура li-ion та li-pol АКБ при заряджанні не повинна перевищувати 50 градусів Цельсія. Тому ця схема використовується для багатобаккових акумуляторів та середній амплітудний струм не повинен перевищувати 5A для 6-ти та більше комірок.

Блок схема зарядного пристрою складається з 3-х ключових блоків. На рис. 3 зображена спрощена блок-схема зарядного пристрою.

Зарядні пристрої мають, зазвичай, джерело напруги, яка поступає на регулюючий елемент, який підпорядкований системою керування. Саме вона визначає, яку модуляцію треба синхронізувати на навантаження (батарея).

Регулюючим елементом представляється блок ШІМ. Він регулює скважність імпульсів, коефіцієнт їх заповнення на виході. Форма імпульсів задається

з системи керування. Вона представляє собою AVR мікроконтролер та коло зворотного зв'язку. Оскільки деякі мікроконтролери мають широкі можливості, включаючи широтно-імпульсну модуляцію, аналогово-цифрові перетворювачі високої точності, операційні підсилювачі напруги, доцільно вибрати саме такі. Вони значно зручніші при кодуванні на мовах високого рівня, завдяки об'єднанню багатьох блоків в один, зменшується ефективна площа плати, менші показники тепловиділення, споживання енергії. Коло зворотного зв'язку включає 2 блоки датчиків струму та напруги. Воно призначене для відслідковування вхідної напруги та струму батареї для запобігання перезаряду та високого нагріву. При надто високих показниках, указаних в прошивці мікроконтролера, останній скерує блоком ШІМ, згодом зменшиться коефіцієнт заповнення імпульсів, а отже середні показники струму, напруги, поступаючи на навантаження. Знімання вимірювальної напруги розміщено перед навантаженням, представляє собою шунт, з якого знімаються показники, які через дільник напруги надходять в АЦП мікроконтролера. Датчик струму знаходиться на мінусовому виводі навантаження і також під'єднаний через операційний підсилювач до АЦП.

Всі елементи зарядного пристрою живляться постійним чи змінним струмом, в залежності від призначення. Для них відведений блок живлення, який, в свою чергу, живиться від джерела напруги.

Для індикації режимів роботи та керування вбудовані блоки індикації та панель керування.

Повна схема зарядного пристрою наведена на рис. 4.

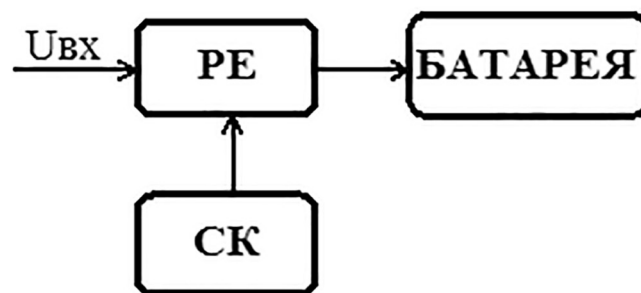


Рис. 3. Блок-схема зарядного пристрою

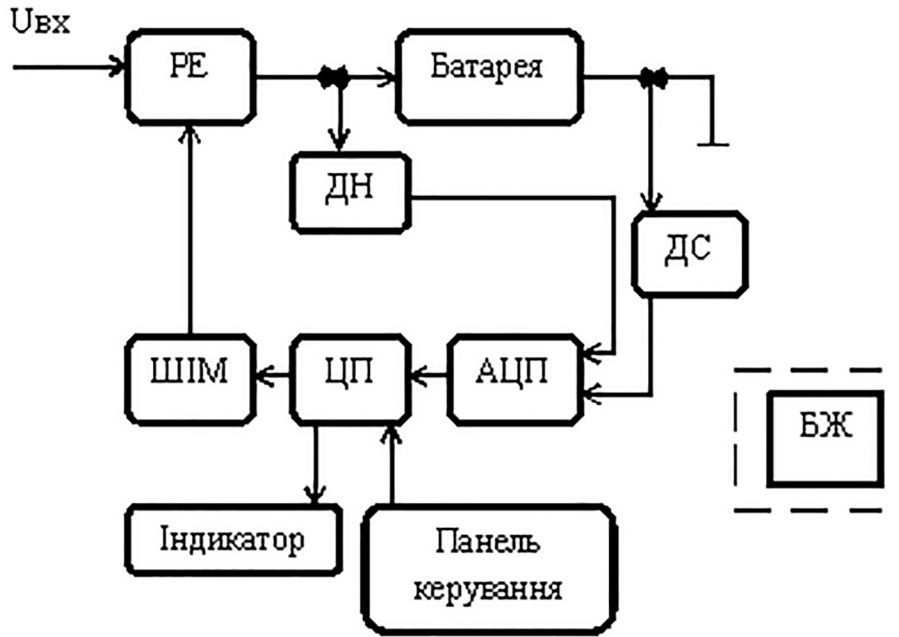


Рис. 4. Блок-схема зарядного пристрою літій-іонного, літій-полімерного акумулятора

Отже, система керування на рис. 4 представляє собою AVR мікроконтролер, який включає в собі такі блоки як: блок ШІМ, центральний процесор, аналогово-цифровий перетворювач. Також до мікроконтролера в АЦП надходить інформація про стан батареї (коло зворотного зв'язку), представлена у вигляді 2-х датчиків (ДН, ДС). Про стан зарядного пристрою, режим роботи сповіщають індикатори, якими керує ЦП. Керування режимами роботи ЦП здійснюється за допомогою панелі управління. Індикатор та панель управління відноситься до блоку пульт управління.

Блок живлення під'єднаний до мережі змінної напруги 220 В та повинен підтримувати постійну напругу +15 В, -15 В, +5 В. Для виконання цієї задачі доцільно використати трансформатор, напруга на вторинній обмотці якої буде 20 В тому, що напругу на вторинній обмотці потрібно робити більшою за напругу живлення батареї у зв'язку з відхиленнями від норми -15...+10%, тому вона може складати як 187 В, так і 242 В, а отже і на вторинній обмотці також зміниться напруга, що є неприйнятним для живлення високоточних мікросхем, чутливих до перепадів випрямленої напруги. Після пониження напруги мережі для отримання заряджання батареї асиметричним струмом потрібно джерело постійної напруги живлення -15 В. Для цього потрібна друга вторинна обмотка та під'єднаний діодний міст. Для стабілізації напруги від плаваючих 17 до 22 В та отримання стабілізованої напруги 15 В, потрібно встановити стабілізатор напруги [5]. Стабілізатор напруги — перетворювач електричної енергії, що дозволяє отримати на виході напругу, яка знаходиться в заданих межах, при значних коливаннях вхідної напруги і опору навантаження. Лінійний

стабілізатор напруги являє собою дільник напруги, на вхід якого подається вхідна (нестабільна) напруга, а вихідна (стабілізована) напруга знімається з нижнього плеча дільника. Стабілізація здійснюється шляхом зміни опорного одного з плечей дільника: опір постійно підтримується таким, щоб напруга на виході стабілізатора знаходилася в установлених межах. При великому відношенні величин вхідної і вихідної напруг лінійний стабілізатор має низький ККД, так як більша частина потужності розсіюється у вигляді тепла на регулюючому елементі. Тому регулюючий елемент повинен мати можливість розсіювати достатню потужність, тобто повинен бути встановлений на радіатор потрібної площі або ж розміщений в корпусі з достатньою тепловіддачею. Перевага лінійного стабілізатора — простота, відсутність перешкод і невелика кількість використовуваних деталей. Лінійний стабілізатор у вигляді мікросхеми LM7805 підійде для виконання завдання та наведений нижче на рис. 5.

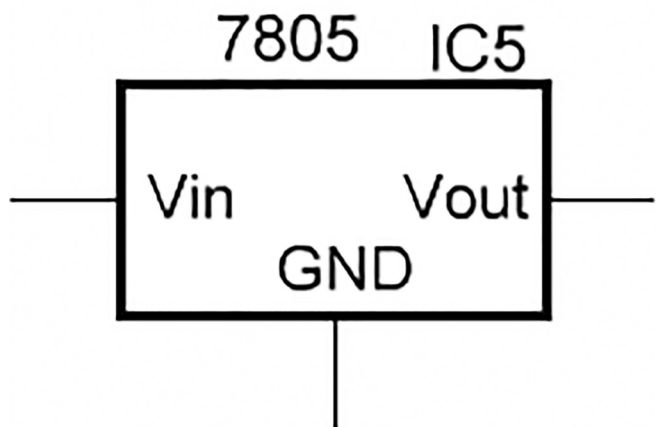


Рис. 5. Мікросхема-стабілізатор LM7805

Оскільки заряджання батареї реалізоване на 15 В, враховуючи відхилення норм електроживлення мережевої напруги, напруга номіналом 20 В проходить через транзисторний стабілізатор напруги, реалізований на обох лініях електроживлення. Стабілізатори напруги працюють наступним чином. Якщо напруга на вході стабілізатора збільшиться, воно відразу передасться і на його вихід, що призведе до збільшення струму, що протікає до ключового транзистора. Оскільки напруга на стабілітроні практично не змінюється, зростання напруги на навантаженні викличе зменшення напруги УЕБ, струму бази транзистора VT і збільшення опору переходу колектор-емітер. Внаслідок збільшення опору переходу колектор-емітер на цьому переході буде більше падіння напруги, що спричинить за собою зменшення напруги на навантаженні. При зменшенні вхідної напруги, навпаки, напруга УЕБ підвищиться, що спричинить за собою збільшення струму бази, зменшення опору переходу колектор-емітер і напруги на цьому переході. На схемі транзисторними стабілізаторами напруги виступають: біполярний рnp-транзистор VT1, кремнієвий стабілітрон VD1, резистор R6. Аналогічний стабілізатор

напруги реалізований і для лінії живлення від ємною складовою напруги: VT2, VD2, R7.

Два діодних мости, які використовуються у якості випрямлячів напруги з вторинних обмоток трансформатора Tr1, повинні відповідати умовам напруги не менш ніж 20 В та струму не менше 5 А. Після трансформації вхідної напруги з 220 В до 20 В, встановлені два діодних мости GBU6A з максимальною напругою 50 В та струмом у 6 А, кожен з яких під'єднаний до першої та другої вторинних обмоток відповідно. Діодний міст VDS1 формує позитивну імпульсну напругу. Вона зображена на рис. 6.

Діодний міст VDS2 формує аналогічну, тільки інвертовану імпульсну напругу.

На рис. 7 зображена форма напруги діодного мосту VDS2.

Один з виводів кожного діодного мосту під'єднаний до спільної землі, інші з виводів формують лінію живлення +15В, -15В відповідно. Був вибраний діодний міст GBU6A з максимальною напругою 50 В та струмом у 6 А.

Випрямляч в даній роботі представляє собою 2 діодні мости, які перетворюють змінну синусоїдальну напругу в імпульсну від'ємну та додатню.

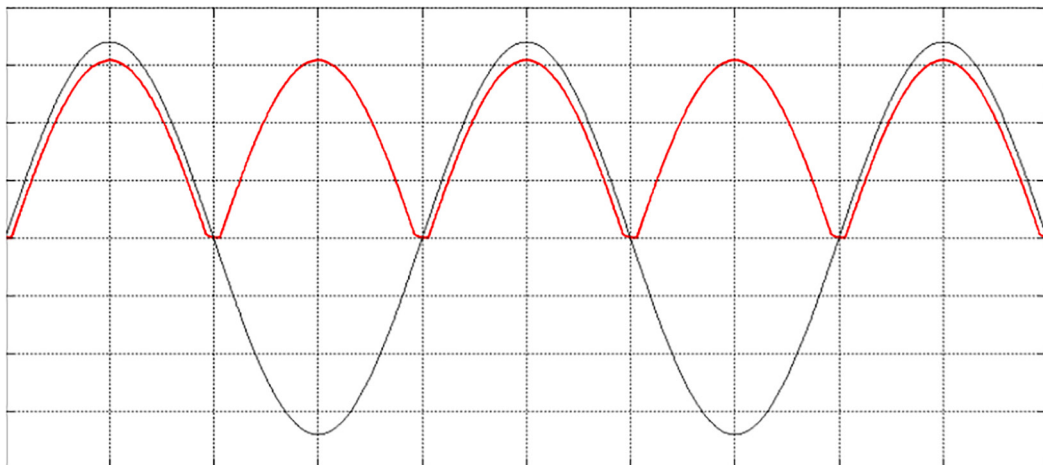


Рис. 6. Імпульсна напруга діодного мосту VDS1

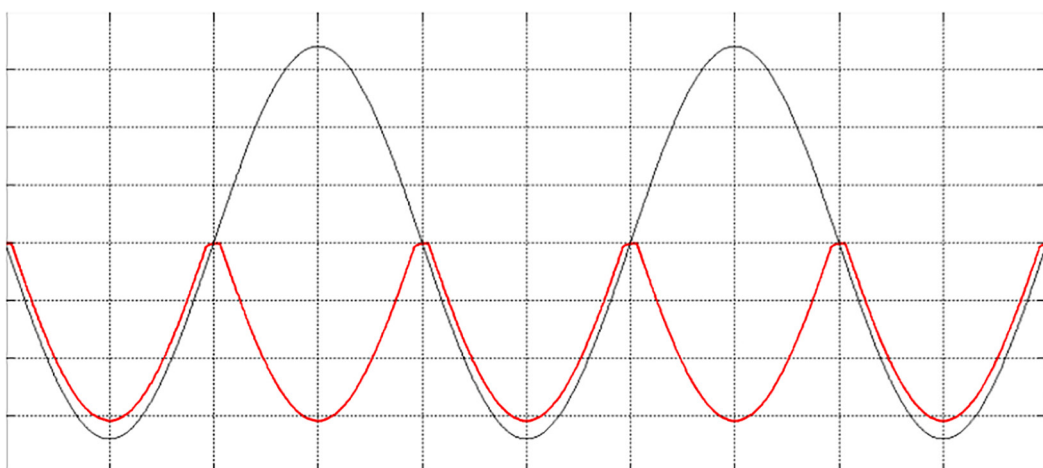


Рис. 7. Імпульсна напруга діодного мосту VDS2

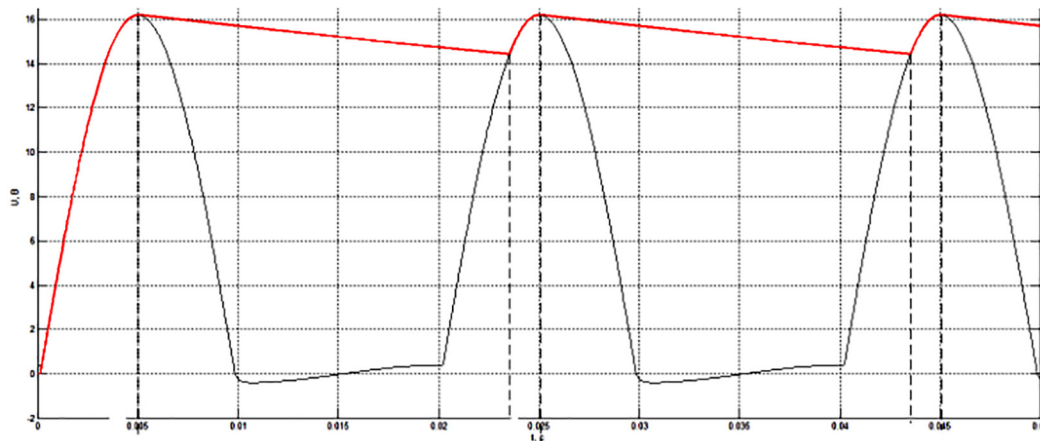


Рис. 8. Випрямлена напруга

Два діодних мости, які використовуються у якості випрямлячів напруги з вторинних обмоток трансформатора Тр1, повинні відповідати умовам напруги не менш ніж 20 В та струму не менше 5 А. Був вибраний діодний міст GBU6A з максимальною напругою 50 В та струмом у 6 А. Також до складу випрямляча входить фільтруючий конденсатор, який згладжує вихідні пульсації та випрямляє напругу.

Імпульсна напруга згладжується, коли проходить через фільтр, який представляє собою фільтруючий конденсатор бажано номіналом 1000 мкФ на 50В, який був розраховується для двох ліній живлення. На рис. 8. зображена форма випрямленої напруги.

Ємність в мікрофарадах розряджається на резистор в мегаомах, час напіврозряду — в секундах.

Конденсатор 1000 мкФ розряджається на резистор 1 кОм, приблизно час напіврозряду — 1 сек. Для фільтра мережевого випрямляча (4 діода), ефективна частота мережі — 50 Гц, частота пульсацій на конденсаторі 100 Гц, час — 10 мілісекунд.

Для отримання на вищеприписаному конденсаторі фільтра пульсацій 50% від напруги при навантаженні 10 Ом досить конденсатора 1000 мкФ. Для отримання менших пульсацій — треба збільшити ємність (в рази). Але оскільки згладжувальна напруга 20 В поступатиме на транзисторний стабілізатор напруги, вказаної ємності буде достатньо для отримання згладжувальної напруги на вході стабілізатора.

Вихідні параметри при розрахунку випрямляча: необхідна напруга на навантаженні, яка, як правило, дорівнює напрузі на виході фільтра випрямляча, і максимальний струм, споживаний навантаженням. Від цих даних, які визначаються конкретним радіотехнічним пристроєм, залежить вибір діодів для випрямляча, потужність мережевого трансформатора і числа витків в його вторинної та первинної обмотках.

Змінна напруга на вторинній обмотці трансформатора (U₂) підраховують за формулою:

$$U_2 = A \cdot U_H$$

Ємність фільтруючого конденсатора C_ϕ в мкФ визначають за формулою:

$$C_\phi = \frac{3200 \cdot I_H \cdot K_{II}}{U_H},$$

де K_{II} — абсолютний коефіцієнт пульсацій випрямленої напруги, що характеризує відношення амплітудного значення змінної складової частотою 100 Гц на виході випрямляча до середнього значення випрямленої напруги.

Чим більше ємність фільтруючого конденсатора і менше струм, споживаний навантаженням, тим менше пульсація випрямленої напруги. Для більшості транзисторних конструкцій допустять коефіцієнт пульсації напруги живлення $K_{II} = 0,01$. Номінальна напруга фільтруючого конденсатора не повинна бути менше напруги на виході випрямляча, інакше він може виявитися пробитим високою напругою.

Коефіцієнт пульсацій випрямленої напруги:

$$K_{II} = 1 - \frac{U_{nmin}}{U_{nmax}},$$

де U_{nmin} , U_{nmax} мінімальні та максимальні значення відхилення випрямленої напруги. Значення напруги мережі змінного струму коливаються у межах +10, -15%, тобто 187 В...242 В, а отже і на вторинних обмотка схеми, де напруга складатиме 20 В, відхилення значень відповідно 17 В...22 В. Тоді коефіцієнт пульсацій дорівнює 0,227.

Ємнісний опір конденсатору знаходиться за формулою:

$$x_c = \frac{1}{2\pi f C}.$$

З отриманих результатів вибираємо електролітичний конденсатор на 1000 мкФ напругою 50 В.

Розрахунок трансформатора.

Вибір магнітопроводу

Силова частина пристрою представлена на рис. 9.

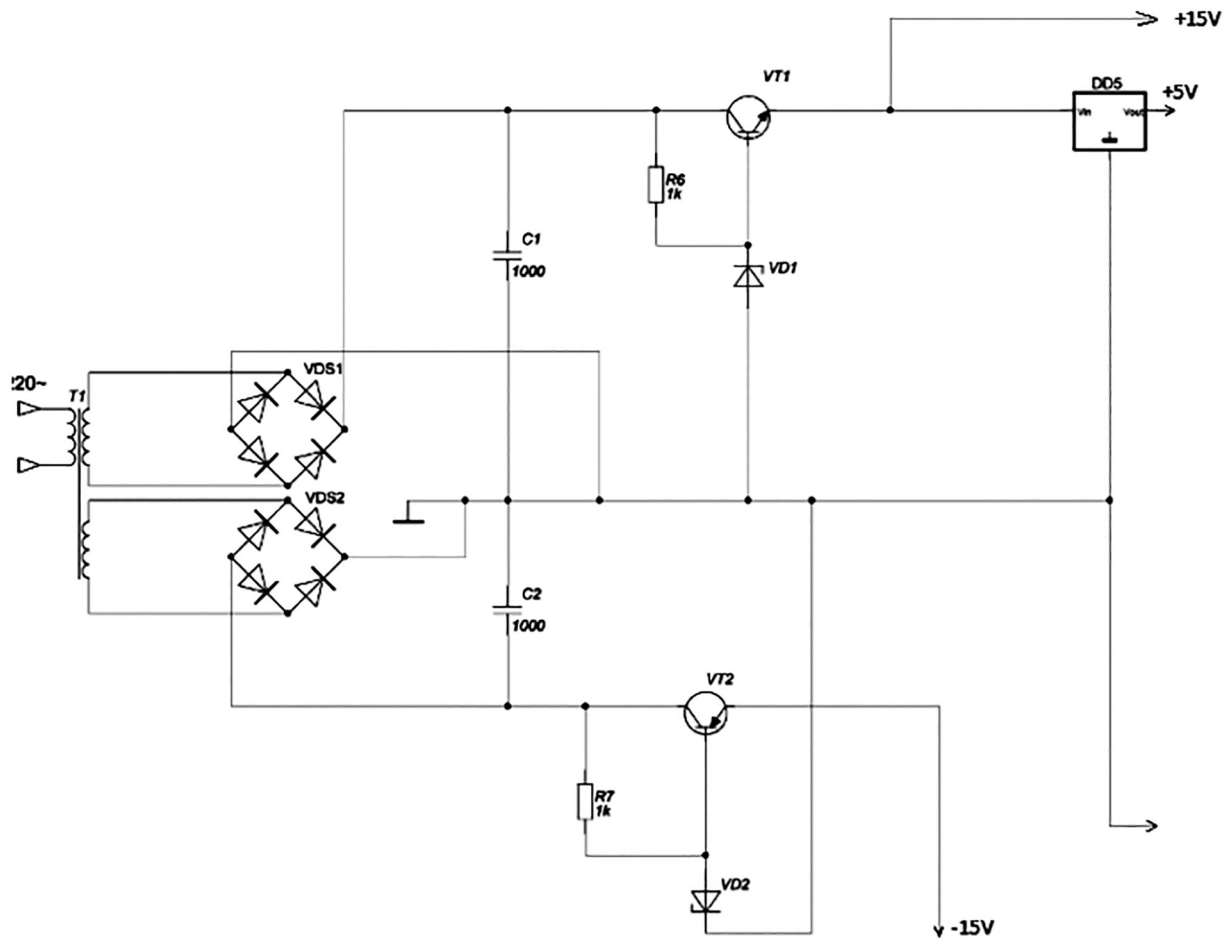


Рис. 9. Силова частина пристрою

Магнітопровід представляє собою систему трансформатора, по якій замикається основний магнітний потік. Одночасно магнітопровід служить основою для установки і кріплення обмоток, відводів, перемикачів та інших деталей активної частини трансформатора.

Магнітопровід збирають з окремих тонких пластин електротехнічної сталі, ізольованих один від одного плівкою спеціального жаростійкого покриття або лаку. Жаростійке покриття зазвичай наносять безпосередньо на металургійному заводі, виготовляючому сталь; плівку лаку — на трансформаторному заводі після різання (штампування) пластин.

Лінії по переробці виконують двох типів: стрижневого і броньового.

У магнітопроводі стрижневого типу (рис. 10, а) вертикальні стрижні 1 мають ступеневе січення, які вписується в коло. На них розташовані обмотки 2 циліндричної форми. Частини магнітопроводу, що не мають обмоток і що використовуються для утворення замкнутого кола, називають ярмами.

Трансформатор реалізований у вигляді однієї первинної обмотки та двох вторинних для додатної та від’ємної складових напруг.

Для узгодження параметрів, вибору магнітопроводу визначимо сумарну потужність, яка споживається всіма компонентами схеми.

На принциповій схемі передбачені такі компоненти як: мікроконтролер ATmega8, мікросхема буфер 74273, які під’єднані до живлення +5В, тригер Шмітта, представлений у вигляді операційного підсилювача AD8057, який під’єднаний до мережі +15В та -15В, навантаження, представлене у вигляді акумулятора, підсилення лінією +5В індикатора 7Seg-mpx4-са. Також слід передбачити втрати енергії на стабілізації вихідної напруги та інших елементах схеми.

На вторинних обмотках трансформатора повинна бути напруга 20В та струм 5А. Знаючи напругу і максимальний струм, який має давати вторинна обмотка (U_2 і I_2), знаходимо потужність вторинного ланцюга: При наявності декількох вторинних обмоток потужність підраховують шляхом складання потужностей окремих обмоток. В даному випадку маємо 2 вторинні обмотки, отже потужності додаємо.

Потужність передається з первинної обмотки у вторинну через магнітний потік в осерді

$$S = a \cdot b.$$

На рис. 11 позначені змінні a , b .

Тому від значення потужності P_1 залежить площа поперечного перерізу сердечника S , яка зростає при збільшенні потужності. Для осердя з нормальної

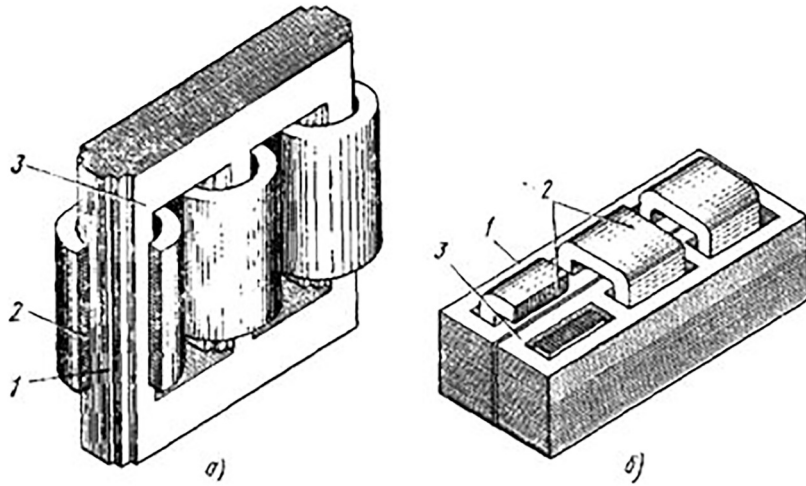


Рис. 10. Основні типи конструкцій магнітопроводів
 а — стрижневий; б — броньовий; 1 — стрижень; 2 — обмотки; 3 — ярмо

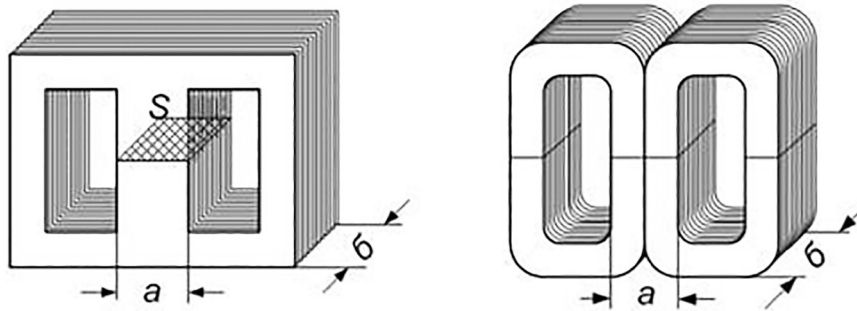


Рис. 11. Площа перетину середньої частини осердя

трансформаторної сталі можна розрахувати за наближеною рекурентною формулою S :

$$S = \sqrt{P_1}$$

У якості матеріалу осердя вибрана електростатична сталь.

За значенням S визначається число витків на один вольт [4]. При використанні трансформаторної сталі:

$$w^1 = \frac{50}{S} = 3.16$$

Діаметри дротів обмоток визначаються за значеннями струмів і виходячи з допустимої щільності струму, яка для трансформаторів приймається в середньому 2 А/мм^2 при потужності до 150 Вт. При такій щільності струму діаметр проводу без ізоляції будь-якої обмотки обчислюється за наближеною рекурентною формулою:

$$d = 0.8 \cdot \sqrt{I}$$

Розрахунок стабілізатора напруги

Виходячи з вказаних умов поставленої задачі, використання високоточних елементів обробки інформації потребує живлення випрямленої напруги з найменшими відхиленнями по номіналу,

тому встановлення схеми стабілізації напруги, яка включає стабілітрон, не буде задовольняти умовам через невелику площину охоплення стабілізації на ВАХ. Була вибрана транзисторна схема стабілізації напруги, описана вище. В даній схемі у якості схемотехнічного рішення реалізовані дві схеми транзисторного стабілізатора напруги для стабілізації додатної та від'ємної вихідної напруги випрямляча. Одна з таких схем наведена на рис. 12 нижче.

У такому пристрої працюють стабілітрон V5 і регулюючий транзистор V6. Розрахунок дозволить вибрати всі елементи стабілізатора, виходячи із заданої вихідної напруги U_n і максимального струму навантаження I_n . Однак обидва ці параметра не повинні перевищувати параметри вже розрахованого випрямляча. Розрахунок стабілізатора ведуть в наступному порядку.

Визначаємо необхідну для роботи стабілізатора вхідну напругу

$$U_{вип} = U_n + 3 = 18B.$$

Розраховуємо максимально розсіювальну транзистором потужність:

$$P_{трmax} = 1,3 \cdot (U_{вип} - U_n) \cdot I_n.$$

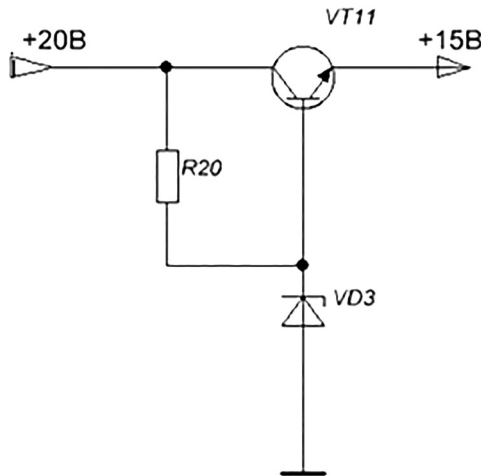


Рис. 12. Транзисторний стабілізатор напруги

Вибираємо регулюючий транзистор. Його гранично допустима розсіювальна потужність повинна бути більше значення P_{max} , гранично допустима напруга між емітером і колектором — більше $U_{вун}$, а максимально допустимий струм колектора — більше I_n . Був вибраний кремнієвий транзистор ТІР2955, для стабілізатора від’ємного живлення, та кремнієвий транзистор bc847b для позитивного.

Підбираємо необхідний стабілітрон. Його напруга стабілізації має дорівнювати вихідній напрузі стабілізатора, а значення максимального струму стабілізації перевищувати максимальний струм бази $I_{бmax}$. В данному випадку підійде стабілітрон 1n4729a.

$$R_{нез} = \frac{U_{вун} - U_{cm}}{I_{бmax} - I_{б}}$$

$$R_{нез} = \frac{U_{вун} - U_{cm}}{I_{бmax} - I_{б}}$$

Розрахунок тригера Шмітта на ОП

На рис. 13 зображена система керування з вихідним каскадом.

Оскільки мікроконтролер АТmega8 не здатний керувати від’ємною складовою напруги, стає проблема реалізації негативної ШІМ для режиму заряджання АКБ. Для вирішення даної проблеми потрібно встановити інвертуючий пристрій, який буде перетворювати вихідну напругу мікроконтролера з ШІМ виходу. Тому був вибраний тригер Шмітта, реалізований на операційному підсилювачі. Живлення реалізоване від стабілізованої напруги +15 В, -15 В. Задача полягає у виборі операційного підсилювача при роботі з високою напругою живлення та розрахунку резисторів на колі зворотного зв’язку та неінвертованому вході.

Нижче на рис. 14 представлена схема включення тригера Шмітта, яка використана в принциповій схемі.

Сигнал номіналом 3.3 В подається на інвертований вхід операційного підсилювача. Операційний підсилювач повинен працювати за напруги живлення +15 В, -15 В, у якості ОП був вибраний AD8057. AD8057 є підсилювачем напруги зворотного зв’язку. Він є підсилювачем низької потужності, який споживає низький струм та має широкий діапазон живлення від 3 В до 15 В.

У тригері Шмітта (рис. 14) гістерезис спрацьовування утворюється завдяки позитивного зворотного зв’язку, що охоплює компаратор через дільник напруги R_1, R_2 . Якщо докладено велика негативна напруга U_e , має місце $U_a = U_{amax}$. Тому на неінвертуючому вході виникає потенціал

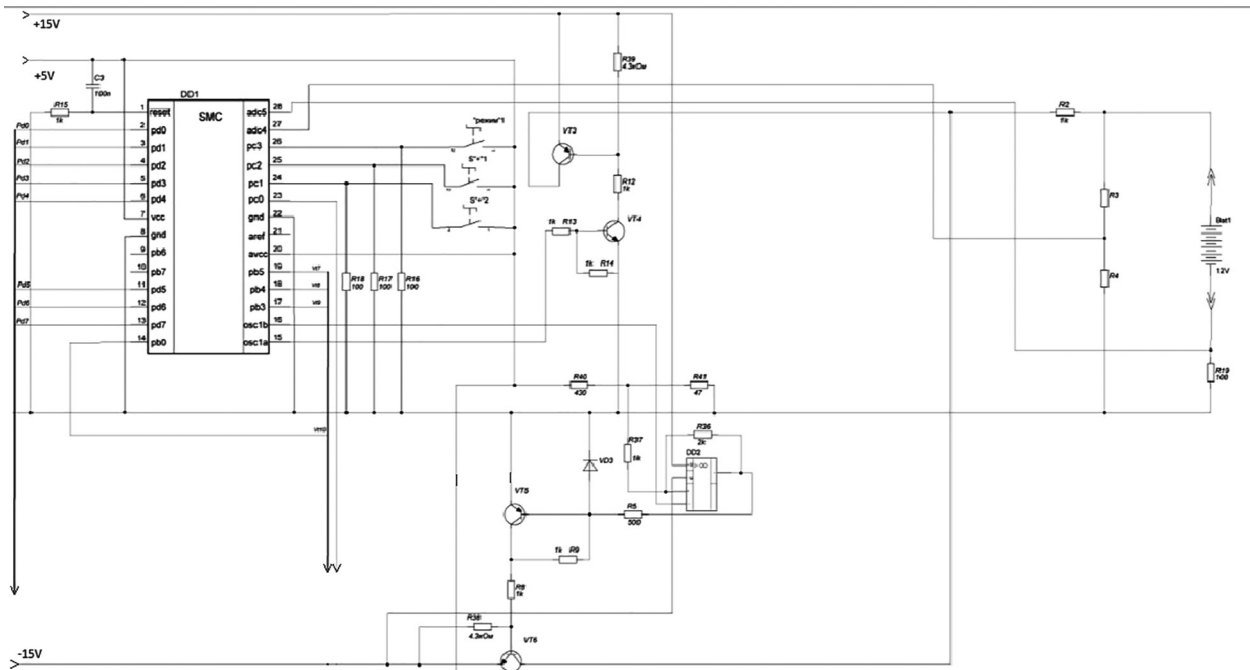


Рис. 13. Система керування з вихідним каскадом

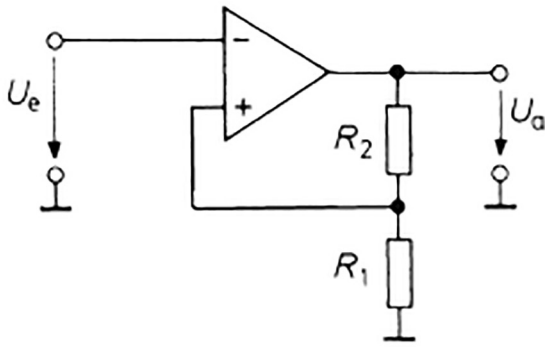


Рис. 14. Тригер Шмітта

$$V_{Pmax} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{amax}$$

$$V_{Pmin} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{amin} .$$

Відповідна передавальна характеристика приведена на рис. 15.

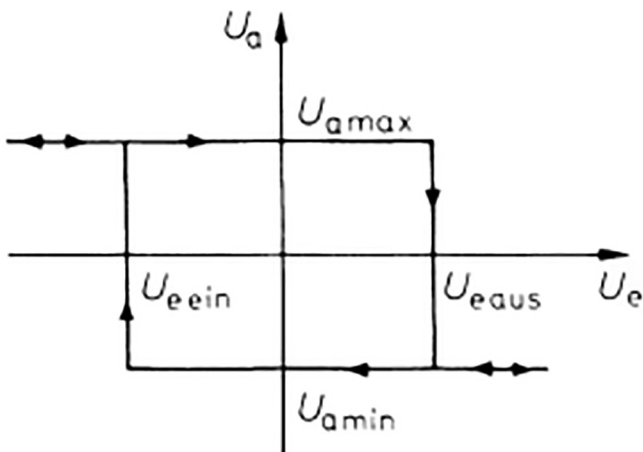


Рис. 15. Передавальна характеристика тригера Шмітта

$$U_{ввмк} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U_{amax}$$

Розрахунок ключового транзистора

В даній схемі роль ключа виконує біполярний транзистор, його зображено на рис. 16.

Для визначення схеми потрібно розрахувати резистори R38, R8, струми та напруги в транзисторі [6].

Формула розрахунку струму колектора наведена нижче:

$$I_k = \frac{U_{cc} - U_{кнас}}{R_H}$$

де: $U_{кнас}$ — напруга насичення біполярного транзистора (типово від 0.2 до 0.8 В) у нашому випадку приймемо; U_{cc} — напруга живлення; 0.5В; R_H — опір навантаження, в даному випадку це опір первинної обмотки трансформатора.

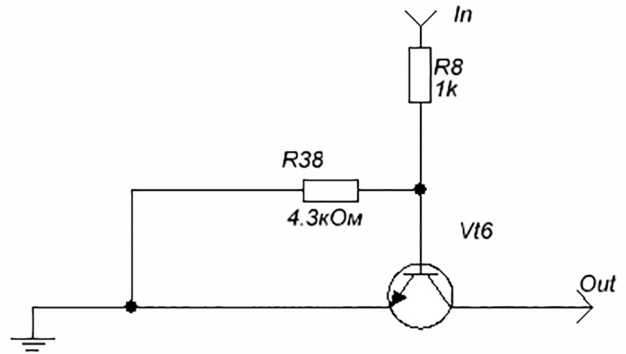


Рис. 16. Схема включення ключового транзистора

Струм колектора пов'язаний зі струмом бази співвідношенням:

$$I_k = I_b \cdot h_{21e}$$

де: h_{21e} — статичний коефіцієнт передачі струму, який для даного транзистора при 18 мА в режимі насичення має величину 4.

Виведемо струм бази із формули:

$$I_b = \frac{I_k}{h_{21e}} .$$

Для розрахунку базового резистора R38 використовується формула:

$$R_{38} = \frac{U_{cc} - U_{бнас}}{I_b}$$

де: $U_{бнас}$ — напруга насичення база-емітер, яка для величини струму колектора 29 мА складає 0.6 В.

Призначення резистора R19 — надійно закрити транзистор в той момент, коли він не підключений. Справа в тому, що якщо база буде «висіти в повітрі», вплив усіляких перешкод на неї просто гарантовано. Щоб надійно закрити транзистор, необхідно ввести його в режим відсічки, щоб потенціали емітера і бази були рівні. Тому значення цього резистора приймається, як 5–10 R_{38} . Виходячи з цих даних приймемо, що $R_8 = 50$ кОм.

Втрати потужності на транзисторі:

$$P = I_k \cdot U_{кнас} .$$

Для живлення мікросхеми-буферу DD3, семи-сегментного індикатора DD4, мікроконтролера ATmega8, реалізований послідовно лінії 15 В мікросхема-стабілізатор DD5 (LM7805), який понижує вхідну напругу 15 В та на виході видає 5 В для живлення вищевказаних елементів схеми.

Транзистори VT3 та VT6, які під'єднані після стабілізатора напруги, є ключовими елементами та реалізують широтно-імпульсну модуляцію. Відповідно VT3, виконаний як прп, відкривається подачею сигналу на базу і замикаючим елементом якого слугує резистор R39 номіналом 4.3 кОм, під'єднаний

до лінії +15 В, іншим виводом до бази. Оскільки реалізація управління комутацією рпр транзистора є неможливою через від'ємну базу, на її вхід встановлений ще один транзистор рпр типу VT4, такий самий як ключовий тр-р на лінії -15 В, запираючим елементом якого слугує резистор R14. База транзистора VT4 сполучена з виходом мікроконтролера osc1a через обмежувальний резистор R13.

ШИМ реалізована транзистором VT6 є більш складною. Оскільки маємо справу з від'ємною лінією живлення, транзистор VT6 рпр-типу.

Тоді комутація повинна проводитися подачею позитивного рівня сигналу на базу транзистора, тому до бази через резистор R8 підключений рпр транзистор VT5, замикаючим елементом якого є резистор R9. Оскільки вихід мікроконтролера не може подати від'ємний сигнал, який потрібний для комутації транзистора VT5, встановлена схема тригера Шмітта, яка складається з операційного підсилювача DD2, резисторів R36, R37. Подача ШИМ сигналу реалізована з порту osc1b на інвертований вхід ОП. ОП в свою чергу живиться від напруги +15В та -15В.

До входів ps1, ps2, ps3 під'єднані кнопки, живлення 5 В, резистори R16, R17, R18 заземлені, мають номінал 100 Ом.

Індикатор реалізований у вигляді мікросхеми DD4 та відображає до 4-х розрядів одночасно. Оскільки він реалізований як 7-ми сегментний з точкою на кожному розряді, у нього є 8 логічних входів та 4 лінії живлення розрядів. Для нормальної роботи індикатора з мікроконтролером потрібна мікросхема-буфер DD3, яка підсилює вхідний сигнал. Живлення мікросхеми-буфер -5 В. Вхідні порти DD3 сполучені з входами мікроконтролера pd0-pd7. Лінії живлення розрядів, які включаються загальним анодом або катодом, підключені через транзистори VT7, VT8, VT9, VT10 до входів МК pb5, pb4, pb3, pb0 відповідно.

Резистори R3 та R4 представляють собою дільники напруги, між якими встановлений шунт для зняття показників напруги на навантаженні. Оскільки сигнал є аналоговим, він поступає на вхід аналого-цифрового перетворювача, який реалізований на вході adc4. АЦП з входом adc5 підключений до шунта, який відстежує струм навантаження, для зняття показників послідовно під'єднаний резистор R19.

Навантаження представлено у вигляді зовнішнього елементу, яким слугує 12 В батарея.

Отже, у даній роботі було проведено огляд сучасних акумуляторних батарей, а саме літій-іонних та літій-полімерних акумуляторів, їх характеристики, принцип роботи хімічних процесів в них, переваги та недоліки, правила експлуатації. Запропоновано використання спеціальної схеми, яка реалізує асиметричне зарядження акумуляторів для забезпечення відновлюваних процесів в структурі кристалів літію, збільшенню кількості зарядів-розрядів, збільшення часу життя з плином часу. Схема була реалізована для 2-х режимів зарядження: режим тренування (зарядження асиметричним струмом з негативною складовою), режим зарядження постійним струмом. Для реалізації поставленої задачі було запропоновано використання в схемі мікроконтролера ATmega8 з подальшим обґрунтуванням рішення. Була розроблена схема-алгоритм, яка є основою для побудови прошивки мікроконтролера, реалізованої в середовищі CodeVision.

Результатом виконаного дипломного проекту є сконструйований зарядний пристрій, який при заряджанні в спеціальному режимі літій-іонної та літій-полімерної акумуляторної батареї впливає на відновлення процесів в електроліті, що спонукає працювати АКБ з більшим циклом зарядів-розрядів та більш довгою службою.

Література

1. Основи будови та експлуатації акумуляторних батарей: навч. посіб. / М. Б. Шелест, П. І. Гайда; М-во освіти і науки України, Сум. держ. ун-т. — Суми: Сум. держ. ун-т, 2014. — 210 с.: іл. — Бібліогр.: с. 183 (5 назв).
2. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://monitor.net.ru/forum/-info-448850.html> — «Зарядка АКБ асимметричным током».
3. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. 12-е изд. Том I: Пер. с нем. — М.: ДМК Пресс, 2008. — 832 с.: ил.
4. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://oldoctober.com/ru/transformer_3 «Определение количества витков вторичной обмотки трансформатора»;
5. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://electricalschool.info/raschet-silovykh.html> — «Расчет силовых трансформаторов».
6. Кудрявцев И. А. Фалкин В. Д. Электронные ключи: Учеб. пособие. Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2002. — 24 с.

УДК 636.631.223.018

Фесенко Сергій Вікторович

кандидат технічних наук, асистент кафедри біотехніки та інженерії

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Фесенко Сергей Викторович

кандидат технических наук, ассистент кафедры биотехники и инженерии

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Fesenko Sergey

Candidate of Technical Sciences,

Assistant of the Department of Bioengineering and Biotechnics

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

DOI: 10.25313/2520-2057-2018-21-4499

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТРИМКОГО РОСТУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ АКТИВНОСТІ РОБОЧОЇ РІДИНИ У ГАЗЛІФТНОМУ БАРБОТАЖНОМУ АПАРАТІ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТРЕМИТЕЛЬНОГО РОСТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ В ГАЗЛИФТНОМ БАРБОТАЖНОМ АППАРАТЕ

PROVIDING STRONG GROWTH OF THE ENERGY ACTIVITY OF THE WORK LIQUID IN A GAZLIFT BARROWING APPARATUS

Анотація. Вивчається можливість активізації зони пасивної енергетики пригонних шарів та на периферії поблизу внутрішньої поверхні корпусу газліфтного барботажного апарату. Пропонується створення хвильового співпадання для забезпечення стрибка енергетичної активності робочої рідини. Аналізується ймовірність забезпечення складного (сферичного) руху рідинної складової, яка знаходиться поза циркуляційної труби газліфтного барботажного апарату.

Ключові слова: енергетична активність робочої рідини, газліфтний барботажний апарат, сферичний рух рідини, аберація, зона каустики.

Аннотация. Изучается возможность активизации зоны пассивной энергетики пригонных слоев и на периферии вблизи внутренней поверхности корпуса газлифтного барботажного аппарата. Предлагается создание волнового совпадения для обеспечения скачка энергетической активности рабочей жидкости. Анализируется возможность обеспечения сложного (сферического) движения жидкостной составляющей, которая находится вне циркуляционной трубы газлифтного барботажного аппарата.

Ключевые слова: энергетическая активность рабочей жидкости, газлифтный барботажний аппарат, сферическое движение жидкости, аберрация, зона каустики.

Summary. The possibility of activating the zone of passive energy on the bottom layers and on the periphery near the inner surface of the body of the gas lift carbine apparatus is studied. It is proposed to create a wave coincidence to provide a jump in the energy activity of the working fluid. The probability of providing a complex (spherical) motion of a liquid component located outside the circulation tube of a gas lift carbine apparatus is analyzed.

Key words: energy activity of the working fluid, gas lift shock absorber, spherical fluid motion, aberration, caustic zone.

Пропоноване технічне рішення відноситься до біотехнології, а саме до газліфтних барботажних апаратів (ГБА), і може бути використаний для культивування мікроорганізмів в рідинних середовищах при виготовленні вакцин та біологічно-активних речовин.

Відома конструкція апарату для вирощування мікроорганізмів, яка містить ємкість з технологічними патрубками, розміщені в ємкості циркуляційний стакан і аератор, систему рециркуляції середовища, яка складається з відвідного трубопроводу, збудника розходу, підвідного трубопроводу і підключеного до нього пристрою для розбризкування культурального середовища, що розміщений у верхній частині ємкості [1].

Апарат має можливість працювати при підвищеному барботуванні культуральної рідини в ємкості, тобто за інтенсивного постачання мікроорганізмів киснем, отже і за енергійного постачання поживними речовинами. Це забезпечено усуненням стримуючої інтенсифікацію дріжжезростаючого процесу від'ємного зворотного зв'язку між газовмістом культурального середовища в ємкості і інтенсивністю тепломасообмінних процесів в апараті загалом. Значений від'ємний зв'язок ліквідується за рахунок введення в конструкцію апарату відвідного патрубка піни в складі гідроциклона та ежектора.

Недоліком цього технічного рішення постає досить висока матеріалоемкість апарату, підвищене піноутворення, відносно невисока продуктивність технологічного процесу внаслідок пасивного переміщення і практично ламінарного поступального руху робочої рідини, і тільки паралельно поздовжньої осі апарату, а також наявність неминучих при цьому застійних зон в придонному прошарку та на периферії апарату (на внутрішніх бічних стінках), що окреслене обмеженими можливостями обраного технічного рішення.

Відомий також газліфтний барботажний апарат (ГБА), який містить вертикально розташований циліндричний корпус з технологічними патрубками і розміщену в порожнині корпусу з радіальним зазором циркуляційну трубу, а також встановлений під циркуляційною трубою аератор, газліфтний барботажний апарат обладнаний ззовні своєї бічної поверхні на спільній основі ультразвуковим перемішувачем, напрям проміння якого на означеній відстані і висоті регулюється кутами повороту випромінювача в горизонтальній і вертикальній площині. За рахунок більш рівномірного розподілення газу та підвищення його диспергування зростає продуктивність технологічного процесу. Для руху потоків газорідинної суміші використовується потенціальна енергія стиснутого повітря.

Процес культивування мікроорганізмів, як і більшість гетерогенних хімічних реакцій, безпосередньо залежить від кількості розчиненого в рідині газу і утворенням та накопиченням цільового продукту, зокрема, біомаси.

Підвищення ступеня розчинення газу в рідинній фазі реакції призводить також до скорочення його розходу та зменшення енерговитрат на аерацію.

Недоліком можна вважати відносно низьку продуктивність процесу, помірний тепломасообмін та недостатня енергетична активність робочої рідини по всьому об'єму апарата.

В основу пропонованої технічної реалізації поставлена задача підвищення продуктивності технологічного процесу шляхом інтенсифікації тепломасообміну робочої рідини по всьому об'єму апарата та підвищення енергетичної активності робочої рідини.

Поставлена задача вирішується тим, що в газліфтному барботажному апараті, який містить вертикально розташований циліндричний корпус з технологічними патрубками і розміщену в порожнині корпусу з радіальним зазором циркуляційну трубу, а також встановлений під циркуляційною трубою аератор, газліфтний барботажний апарат обладнаний ззовні своєї бічної поверхні на спільній основі ультразвуковим перемішувачем, напрям проміння якого на означеній відстані і висоті регулюється кутами повороту випромінювача в горизонтальній і вертикальній площині, спільна основа розміщується на горизонтальній осі, яка обладнана датчиком моменту.

Регулювання напряму ультразвукового проміння має на меті визначити такий кут θ (пеленг) і кут ψ (кут місця) між променем і нормаллю до поверхні корпусу в даній точці, коли слід генеруємої в поверхні корпусу колової (вздовж паралелі) швидкості c_{II} і падаючої звукової хвилі співпадають, тобто має місце рівність

$$c_{II} = \frac{c_0}{\sin \theta},$$

яка окреслює умову народження резонансного стану, тобто, хвильового співпадання (c_0 — швидкість падаючої звукової хвилі). Це означає, що механічний імпеданс корпусу газліфтного апарату стає рівним нулю і відбувається трансляція енергії звукового випромінювання всередину барботажного апарату за повної відсутності дисипації енергії, так зване явище «акустичної прозорості». Причому, виникнення хвильового співпадання не залежить від частоти випромінювання і може виявитися тільки за наявності відповідного кута падіння θ [2]. При інших значеннях кута θ , звукопередача крізь корпус апарату миттєво знижується.

Ультразвукове випромінювання дозволяє докорінно збільшити хвильовий розмір внутрішньої циліндричної поверхні корпусу і забезпечити ви-

конання обов'язкової нерівності $\frac{2\pi f}{c_0} R \gg 1$. Так,

якщо матеріал корпусу сталь, радіус апарату $R = 1$ м, швидкість звуку в повітрі $c_0 = 331$ мс⁻¹, а частота випромінювання $f = 42$ кГц, хвильовий

розмір корпусу буде дорівнювати 176, тобто стане набагато більшим від одиниці [3]. За цих умов, колова швидкість c_{II} буде випромінювати в робочу рідину звукову хвилю, яка з вектором c_p швидкості звуку в рідині складе кут

$$\sin \alpha = \frac{c_p}{c_{II}} = \frac{1500}{6100} \approx 0,246; \quad \alpha = 14^{\circ}20' \text{ (явище аберації).}$$

В результаті, лева частка енергії звукової хвилі буде зосереджуватися в колівій циліндричній поверхні (зона каустики) радіуса

$$r = R \cos \alpha = 0,97 \text{ (м),}$$

тобто на відстані 3 см від внутрішньої поверхні корпусу.

Таким чином, зони пасивної енергетики придонних шарів та на периферії, тобто поблизу внутрішньої поверхні корпусу апарату, активізуються і приймають енергійну участь в процесі теплома-сообміну по всьому об'єму апарату, внаслідок чого підвищується продуктивність і якість технологічного процесу.

Наявність великого хвильового розміру дає можливість максимального використання потужності звукового випромінювання випромінювача на генерацію звукових хвиль в робочій рідині.

Різка збільшення швидкості обертального руху робочої рідини в корпусі апарату буде слугувати інтенсивному росту кінетичного моменту усїєї рідини в апараті, тобто \vec{H} кінетичного моменту рідини стане рівним

$$\vec{H} = I \cdot \Omega,$$

де I — момент інерції рідини відносно осі Z , Ω — кутова швидкість обертального руху рідини навколо осі Z .

Отже, повітряно-рідинна складова в середині циркуляційної труби апарату буде рухатися поступально до гори в напрямку осі Z . Робоча рідина, що знаходиться ззовні циркуляційної труби буде виконувати тільки обертальний рух навколо осі Z із швидкістю Ω .

Поява моменту \vec{M} , який формує датчик моменту, відповідно до теореми Резаля, призведе до виникнення кутової швидкості руху ω_0 усїєї конструкції, що призведе до появи гіроскопічного моменту \vec{M}_r —

$$\vec{M}_r = \vec{H} \cdot \omega_0,$$

який дорівнює моменту \vec{M} датчика момента, але направлений протилежно, тобто

$$\vec{M}_r = -\vec{M}.$$

Внаслідок цього, вся конструкція буде обертатися навколо горизонтальної осі Ox з кутовою швидкістю Ω_1 .

Відповідно до цього, рідинно-повітряна складова в циркуляційній трубі буде, на теперішній час, приймати участь у двох рухах — поступальному, вздовж

осі циркуляційної труби, вгору, та обертального руху навколо осі x з кутовою швидкістю Ω_1 . Вихідний ламінарний рух повітряно-рідинної складової, таким чином, зміниться на турбулентний, з виникненням великих об'ємів повітря, внаслідок двох складових руху — поступального та обертального.

Рідинна складова, що знаходиться поза циркуляційної труби, у цьому випадку, буде приймати участь у двох обертальних рухах навколо осі Z з кутовою швидкістю Ω і навколо осі x з кутовою швидкістю Ω_1 , синтез цих двох рухів призведе до миттєво обертального руху навколо миттєвої осі OL з кутовою швидкістю

$$\Omega_2 = \Omega + \Omega_1,$$

положення якої весь час буде змінюватися, таким чином, що Ω_2 буде виконувати сферичний рух з нерухомою точкою в т.о.

Сферичний рух рідини, що знаходиться поза циркуляційної труби, таким чином, набуває складної структури і значно більшої насиченої енергетичної активності.

На рис. 1 схематично зображений ГБА, загальний вигляд; на рис. 2 — переріз А-А на рис. 1.

Газліфтний барботажний апарат (рис. 1) містить вертикально розташований циліндричний корпус 1 з патрубком 2 для введення живильної рідини і посівного матеріалу (робоча рідина), патрубком 3 для видалення культуральної рідини та патрубком 4 для відведення відпрацьованого газу. В порожнині корпусу 1, співвісно з ним, з радіальним зазором δ встановлена циркуляційна труба 5, а під нею розміщується аератор 6. Від непередбачених технологічним процесом переміщень в корпусі 1 труба 5 забезпечена фіксаторами її положення, наприклад, радіально вгвинченими в неї шпильками 7, або іншими відомими способами (не показано). Корпус 1 розміщений на спільній основі 8 з ультразвуковим випромінювачем 9. Спільна основа 8 розміщується на горизонтальній осі 10, яка встановлюється в підшипниках 11 і обладнана датчиком моменту 12. Для забезпечення статичного балансування газліфтного барботажного апарату, до нижньої частини спільної основи 8 за допомогою стержня 13 прикріплюється противага 14.

Працює ГБА наступним чином. У попередньо простерилізований корпус 1 крізь патрубок 2 вводять робочу рідину, після чого через аератор 6 впускають стиснений газ (повітря) і одночасно включають ультразвуковий випромінювач 9. Стиснений газ у вигляді бульбашок 15 надходить в циркуляційну трубу 5 і утворює з робочою рідиною рідинно-повітряну суміш, яка набагато легша від робочої рідини, що знаходиться в зазорі « δ » між трубою і корпусом 1. Доки надходить повітря, різна щільність (питома вага) робочої рідини всередині циркуляційної труби і навколо неї буде породжувати висотну циркуляцію 16 рідинного середовища в корпусі 1. Відпрацьоване

повітря через патрубок 4 видаляється в навколишнє середовище. Одночасно з цим, ультразвуковий випромінювач 9 починає опромінювати, з частотою нижчою за граничну, звуковим променем 17 бічну поверхню корпусу 1 на відстані H від основи, штучно генеруючи в матеріалі корпусу колові хвилі.

Змінюючи кут θ і кут ψ між нормаллю до зовнішньої поверхні корпусу 1 і напрямом \vec{n} ультразвукового проміння, досягаємо хвильового співпадання у вигляді стрибка (стрімкого росту) енергетичної активності, завдяки підвищеній турбулентності робочої рідини в зоні циліндричної каустики 18, окресленої циліндром радіуса r , поблизу внутрішньої поверхні корпусу 1 в проміжку « δ » [4]. Різка концентрація звукової енергії зумовлена ефектом аберації генеруємої корпусом 1 в рідину звукової хвилі [5]. Зона каустики збільшує амплітуду коливань культуральної рідини і збагачує структуру її збудженого руху, інтенсивно турбулізуючи по всій

висоті апарату та по всім напрямкам в придонному шарі та на периферії, що ефективно ліквідує застійні зони. Оскільки зони концентрації звукової енергії додатково призведуть до інтенсивного просторового перемішування робочої рідини, разом із висотною циркуляцією 16, інтенсивність процесу перемішування, і, відповідно, якість масообміну зростуть, штучне формування резонансного стану культурального середовища активізує роботу рідини, внаслідок чого зони пасивної енергетики робочої рідини в придонному прошарку і на периферії внутрішнього об'єму апарату щезнуть, а це прискорить ріст мікроорганізмів і підвищить продуктивність технологічного процесу.

Наявність великого хвильового розміру створює можливість максимального використання потужності звукового випромінювання випромінювача 9 на формування потужних звукових хвиль в робочій рідині. В свою чергу, різке збільшення швидкості

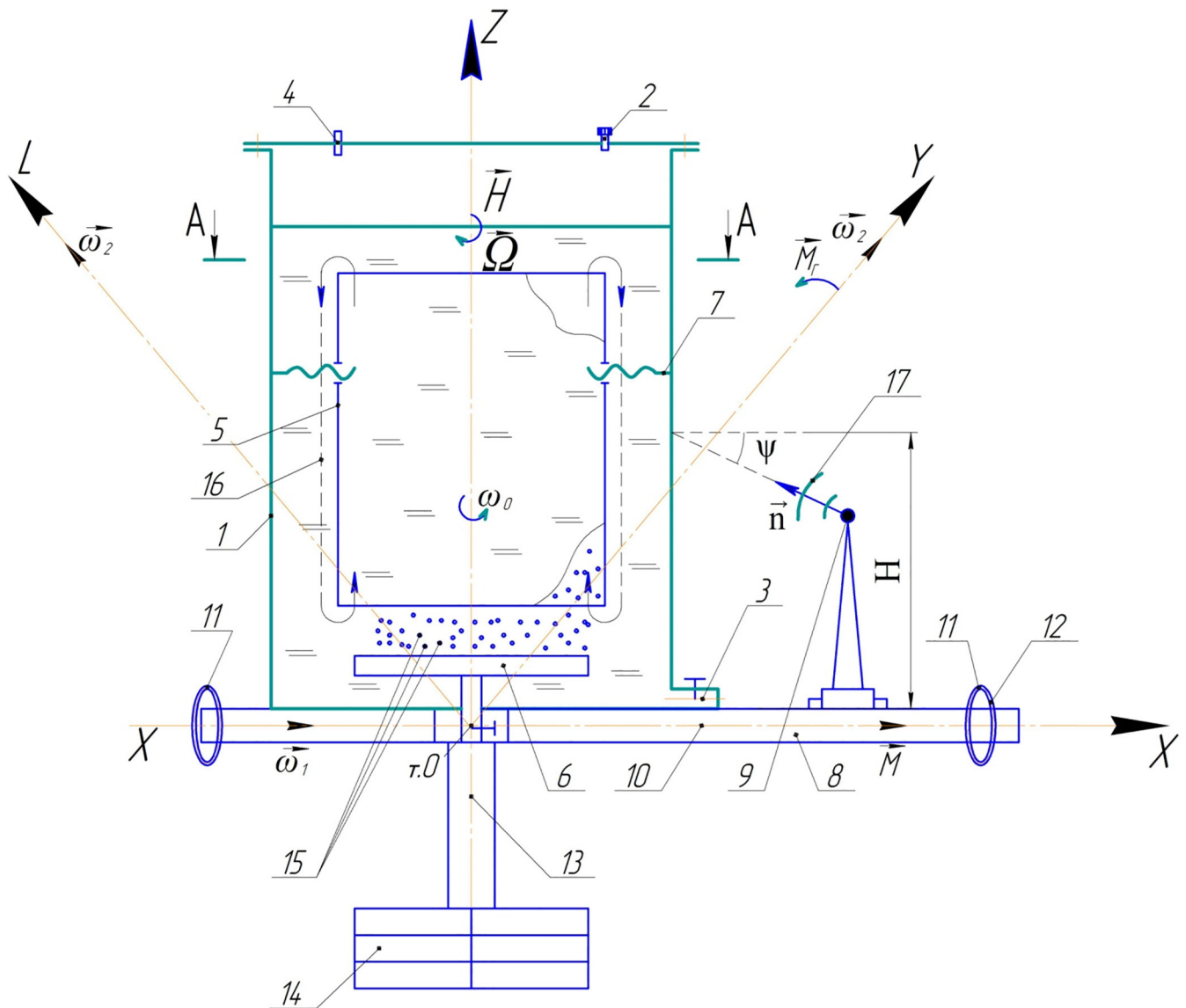


Рис. 1. Газліфтний барботажний апарат

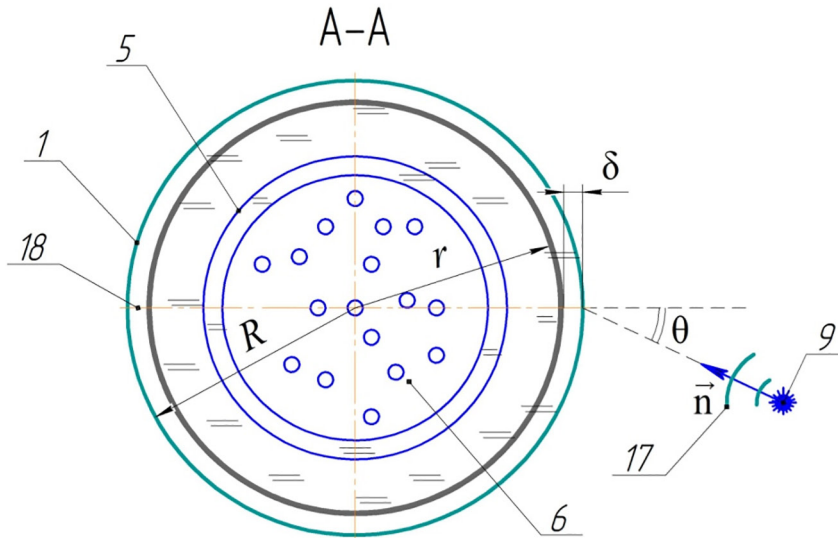


Рис. 2. Переріз А-А на рис. 1

обертального руху робочої рідини в проміжку « δ » між циркуляційною трубою та в корпусі апарату 1 приведе до різкого росту кінетичного моменту робочої рідини

$$\vec{H} = \vec{I} \cdot \vec{\Omega},$$

де \vec{I} — момент інерції рідини відносно осі Z , $\vec{\Omega}$ — кутова швидкість обертального руху рідини навколо осі Z .

Таким чином, повітряно-рідинна суміш циркуляційної труби апарату буде рухатися тільки поступально (простий поступальний рух), в гору, до кришки апарату 1, в напрямку осі Z . В свою чергу, робоча рідина, що знаходиться в проміжку « δ » між поверхнею циркуляційної труби і поверхнею корпусу 1, буде виконувати тільки обертальний рух навколо осі Z із швидкістю $\vec{\Omega}$.

Поява моменту \vec{M} , який формує датчик моменту 12, відповідно до теореми Резаля, призведе до виникнення кутової швидкості $\vec{\Omega}_0$ руху корпусу 1 з робочою рідиною усього газліфтного барботажного апарату, в наслідок чого гіроскопічний момент \vec{M}_r —

$$\vec{M}_r = \vec{H} \cdot \vec{\Omega}_0,$$

який дорівнює моменту датчика момента, але направлений протилежно, тобто

$$\vec{M}_r = -\vec{M}.$$

Внаслідок цього, вся конструкція ГБА буде виконувати обертальний рух навколо горизонтальної осі Ox з кутовою швидкістю Ω_1 .

Таким чином, елементи конструкції ГБА будуть приймати участь вже у двох рухах: циркуляційна труба — поступальний рух повітряно-рідинної суміші відносно труби і обертальний рух з кутовою швидкістю Ω_1 . Таким чином, має місце синтез двох рухів — поступального і обертального. Коли циркуляційна труба займе горизонтальне положення повітряні бульбашки будуть збиратися в середині труби і утворювати велику бульбашку. Надалі, поворот циркуляційної труби призведе до того, що ця велика бульбашка під дією Архимедових сил швидко підійметься вгору. Такий рух буде продовжуватися і надалі.

Робоча рідина в проміжку « δ » між корпусом і циркуляційною трубою. Робоча рідина в даному випадку приймає участь у двох обертальних рухах навколо осей, що перетинаються в т. О. Обертальний рух з кутовою швидкістю Ω , обертальний рух із швидкістю Ω_1 . Синтез цих двох обертальних рухів породжує миттєво обертальний рух навколо миттєво осі, яка, в свою чергу, описує конічну поверхню з вершиною в т.о.

Отже, складові ГБА — рідинно-повітряна та рідинна, замість простого руху виконують складний рух, що безумовно слугує більш якісному і ефективному тепломасообміну і, таким чином, підвищує якість виготовляемого продукту, забезпечить енергетичну активність робочої рідини по всьому об'єму, що кардинально підвищить продуктивність технологічного процесу.

Література

1. А.с. 1497208 А1 СССР, С12М1/04. Аппарат для выращивания микроорганизмов [Текст] / Ю.Ф. Давыдов, В.М. Геллис, В.К. Погудкин, В.М. Крац, В.Н. Соловьев, С.П. Уткин (СССР). — № 4109725/28-13; заявл. 21.08.86; опубл. 30.07.89, Бюл. № 28. — 1 с.: ил.
2. Шендеров, Е.Л. Волновые задачи гидроакустики [Текст]/: моногр. Е.Л. Шендеров, — Л.: Судостроение, 1972. — 352 с.
3. Карачун В.В., Мельник В.Н. Возникновение резонанса в акустической среде подвеса поплавкового гироскопа / Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2016. — № 1/7 (79). — С. 39–44.
4. Мельник В.М., Фесенко С.В. Дистанційне керування тепломасообміном у біореакторах технологічних ліній [текст] / Наукові вісті НТУУ «КПІ». — 2017. — № 5. — С. 104–109; DOI — <https://dx.doi.org/10.20535/1810-0546.2017.5.10726>.
5. Карачун В.В., Мельник В.М., Фесенко С.В. Зниження технологічних ризиків льотної експлуатації штучним формуванням буферної зони проникаючому акустичному випромінюванню [Текст]/ Технологічний аудит та резерви виробництва. — № 41(36). — 2017. — С. 19–24; DOI — [https://dx.doi.org/ DOI: 10.15587/2312-8372.2017.108546](https://dx.doi.org/DOI: 10.15587/2312-8372.2017.108546).

УДК 004.891

Хмельницький Юрій Владиславович

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж
Хмельницький національний університет*

Хмельницкий Юрий Владиславович

*кандидат технических наук,
доцент кибербезопасности и компьютерных систем и сетей
Хмельницкий национальный университет*

Khmelnitsky Yuri

*PhD in Technical Sciences, Assistant Professor of the Department of
Cybersecurity of Computer Systems and Networks
Khmelnitsky National University*

Карун Марія Євгеніївна

*студент
Хмельницького національного університету*

Карун Мария Евгеньевна

*студент
Хмельницкого национального университета*

Karun Maria

*Student of the
Khmelnitsky National University*

БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ДОДАТКІВ У «ХМАРНОМУ» СЕРЕДОВИЩІ

БАЛАНСИРОВАНИЕ НАГРУЗКИ ПРИЛОЖЕНИЙ В «ОБЛАЧНОЙ» СРЕДЕ

LOAD BALANCING OF CLOUD APPLICATION

Анотація. Досліджено теоретичні питання балансування навантаження у «хмарному» середовищі.

Ключові слова: хмарні технології, хмарні сервіси, балансування навантаження, масштабування, розподілений веб-годаток.

Аннотация. Исследованы теоретические вопросы балансирования нагрузки в «облачной» среде.

Ключевые слова: облако, облачные вычисления, IaaS, балансировка нагрузки, масштабирование, веб-приложение.

Summary. The theoretical aspects of load balancing of cloud application.

Key words: cloud, cloud computing, IaaS, load balancing, scalability, web-based application.

Вступ. Інформаційні технології є однією з перспективних галузей сучасної науки. З'являються нові проблемно-орієнтовані галузі, виникають перспективні інноваційні рішення. Хмарні технології входять в число нових, найсучасніших інформаційних методів обробки даних та інформації. Розвиток світової ІТ-індустрії йде за чотирма головними напрямками:

- хмарні обчислення, мобільні рішення і мобільні технології;
 - обробка та аналіз великих даних;
 - забезпечення всіх видів інформаційної безпеки і конфіденційності;
 - захист даних.
- «Хмари» активно впроваджуються в різні сфери діяльності — медицину, освіту, органи влади,

науку. Не стала винятком і сфера економіки і бізнесу.

Хмарні технології полягають в наданні кінцевим користувачам віддаленого динамічного доступу до послуг, обчислювальним ресурсам та додаткам через Інтернет» [18].

Хмарні технології почали свій розвиток ще в 1960-ті роки з виникненням комп'ютерної техніки. Але особливо активно розвиватися і застосовуватися вони стали з 2009 року, коли було запущено додаток Google Apps.

Постановка задачі. На основі проведеного деталізованого аналітичного огляду технології хмарних обчислень показано, що споживачі хмарних обчислень можуть значно зменшити витрати на інфраструктуру інформаційних технологій (в короткостроковому і середньостроковому планах) і гнучко реагувати на зміни обчислювальних потреб, використовуючи властивості обчислювальної еластичності хмарних послуг.

Наведено та проаналізовано принципи роботи хмарного середовища, проведено аналіз особливостей моделей хмарного розміщення, а саме: програмне забезпечення як послуга (SaaS), платформа як послуга (PaaS) та інфраструктура як послуга (IaaS). Виділено переваги та недоліки хмарних технологій, які показують, що завдяки об'єднанню ресурсів та непостійному характеру споживання з боку користувачів, можна забезпечити економію в масштабі системи, використовуючи менші апаратні ресурси, ніж при виділенні апаратних потужностей для кожного споживача, а завдяки автоматизації модифікації виділення ресурсів значно знижуються витрати на обслуговування.

Але при цьому використання хмарного середовища має ряд невирішених питань. Гострим на сьогодні залишається питання безпеки, конфіденційності та балансування навантаження у хмарному середовищі. Отже метою даного дослідження є оцінка можливостей використання алгоритмів балансування навантаження на додатки у хмарному середовищі.

Основна частина. При побудові розподілених систем обчислення у зв'язку з розвитком засобів передачі даних у все більшій мірі використовуються підходи розподіленого програмування. Виконання великих задач розподіляється на декілька менших підзадач, які виконуються на різних комп'ютерах що мають спільну мережу, а після всіх обчислень результати їх роботи можуть бути використані при обчисленні початкових задач. При вирішенні деяких завдань використання розподіленої системи застосовується для підвищення наступних показників ефективності: зниження вартості, збільшення надійності, досягнення певного рівня продуктивності системи, простоти масштабування.

У веб-сервісах завжди є клієнт і сервер. Сервер — це веб-сервіс (endpoint: кінцева точка, куди доходять SOAP повідомлення від клієнта).

Основні кроки реалізації:

- опис інтерфейсу веб-сервісу;
- реалізація інтерфейсу;
- запуск веб-сервісу;
- створення клієнта і віддалений виклик потрібного методу веб-сервісу.

Балансування навантаження — метод розподілу завдань між декількома мережевими пристроями з метою оптимізації використання ресурсів, скорочення часу обслуговування запитів, горизонтального масштабування кластера (динамічне додавання / видалення пристроїв), а також забезпечення відмовостійкості (резервування).

При балансуванні навантаження «хмарних» додатків слід враховувати особливості роботи додатків, особливості інфраструктури обчислювальних комплексів і додаткові вимоги при організації сервісів.

Для порівняння можливостей систем балансування навантаження додатків в «хмарних» середовищах визначимо основні критерії такого порівняння.

Ефективність розподілу навантаження — характеризує можливості системи забезпечити рівномірність розподілу навантаження між обслуговуючими вузлами при різних вимогах до роботи додатків і до структур обчислювальних комплексів, які можуть бути враховані через наявні в системі алгоритми балансування навантаження і тип балансування (статичне і динамічне).

Основною перевагою статичного розподілу, який не змінюється у процесі роботи сервісу, є простота реалізації. Динамічне балансування є більш гнучким і передбачає перерозподіл навантаження на обчислювальні вузли під час роботи сервісу на підставі визначення прямих показників (завантаження центрального процесора, обсяг доступної оперативної пам'яті, доступного дискового простору тощо), або непрямих (кількість активних підключень до сервера чи час його відгуку).

Врахування геоположення вузлів — характеризує можливість системи забезпечити зниження часу її відгуку через врахування географічної близькості певних груп клієнтів до певних груп обслуговуючих вузлів. Потрібно зауважити, що ефективність методу дуже залежить від актуальності даних про довжину маршрутів, пропускну спроможність і завантаження ліній зв'язку між потенційними клієнтами і серверами.

Незалежність від типу мережі — незалежність системи балансування від того, у локальній чи у глобальній мережі знаходяться обслуговуючі сервери, а також незалежність від типу серверної платформи.

Можливості автоматичного масштабування — характеризують наявність в системі механізмів горизонтального масштабування обслуговуючих вузлів при балансуванні навантаження. Автомасштабування в «хмарних» платформах забезпечується спеціальними модулями, зв'язаними з системами балансування навантаження, які безпосередньо цю задачу не вирішують [11].

Автоматичне визначення і видалення непрацюючих вузлів — забезпечення системою балансування відмовостійкості сервісу на основі моніторингу доступності і працездатності його компонентів та автоматичного видалення непрацюючих вузлів з пулу розподілу навантаження.

Забезпечення довгострокових сесій — характеризує можливість системи балансування забезпечити додатку зберігання стану сесії користувача з декількох повторних запитів. Може реалізуватися в системі або через з'єднання користувача з одним і тим самим сервером, або через зберігання сесії в загальному для всіх серверів сховищі. Прив'язка клієнта до конкретного сервера зазвичай реалізується або за його IP-адресою (яка, однак, може змінюватись через певний час), або по cookies (в який записується ідентифікатор сервера).

Балансування навантаження в хмарному середовищі має відмінності від класичної моделі архітектури балансування навантаження та її впровадження за допомогою серверу для виконання балансування навантаження, оскільки неможливо передбачити кількість запитів, які передаються на сервери. Це надає нові можливості, а також представляє свій унікальний комплекс завдань. Балансування навантаження є однією з центральних проблем в області хмарних обчислень. Це механізм, який рівномірно розподіляє динамічне локальне навантаження на всіх вузлах по всій хмарі, щоб уникнути ситуації, коли деякі вузли сильно навантажуються, тоді як інші не працюють.

Спосіб динамічного балансування навантаження в хмарному середовищі на основі методу міграції задач та модернізованого алгоритму Weighted Least Connections, а саме алгоритм динамічного навантаження з урахуванням часу обробки завдання та середнього коефіцієнта використання ресурсів як параметра є оптимальним рішенням для поставленого завдання.

Загальна схема запропонованого способу динамічного балансування навантаження представлена на рис. 1.

Планування виконання n завдань в m вузлах (віртуальних машинах) необхідно виконати так, щоб користувачі хмарного середовища могли виконувати свої завдання у мінімальні часи роботи з максимальними використаннями ресурсів.

Планувальник задач отримує N запитів на завдання $T_1, T_2, T_3, \dots, T_N$. Всі завдання не являються пріоритетними та незалежними, кожне завдання має довжину T, L_1, p швидкість обробки, кількість процесорів q , обсяг основної пам'яті r та обов'язково смугу пропускання B . Планувальник завдань (рис. 2) в хмарному середовищі має інформацію про віртуальну машину M , а саме швидкість обробки процесора, кількість процесорів, пам'ять, пропускну спроможність $VM_1, VM_2, VM_3, VM_4, \dots, VM_N$.

Для обчислення потенціалу окремої віртуальної машини та ємності використовуємо формулу:

$$C_{VM} = p * q \tag{1}$$

де:

p — швидкість обробки процесора в мільйонах інструкцій за секунду;

q — кількість процесорів зайнятих для виконання завдання.

Завантаження інформації на віртуальну машину: планувальник завдань із хмарного середовища розподіляє завдання на віртуальну машину, кожна віртуальна машина має чергу для зберігання навантаження. Загальна довжина черги у віртуальній машині визначається як навантаження на цю віртуальну машину [12].

Завантаження віртуальної машини можна розрахувати як

$$LVM_{i,t} = \frac{K * TL_{i(t)}}{S(VM_{i,t})}, \tag{2}$$

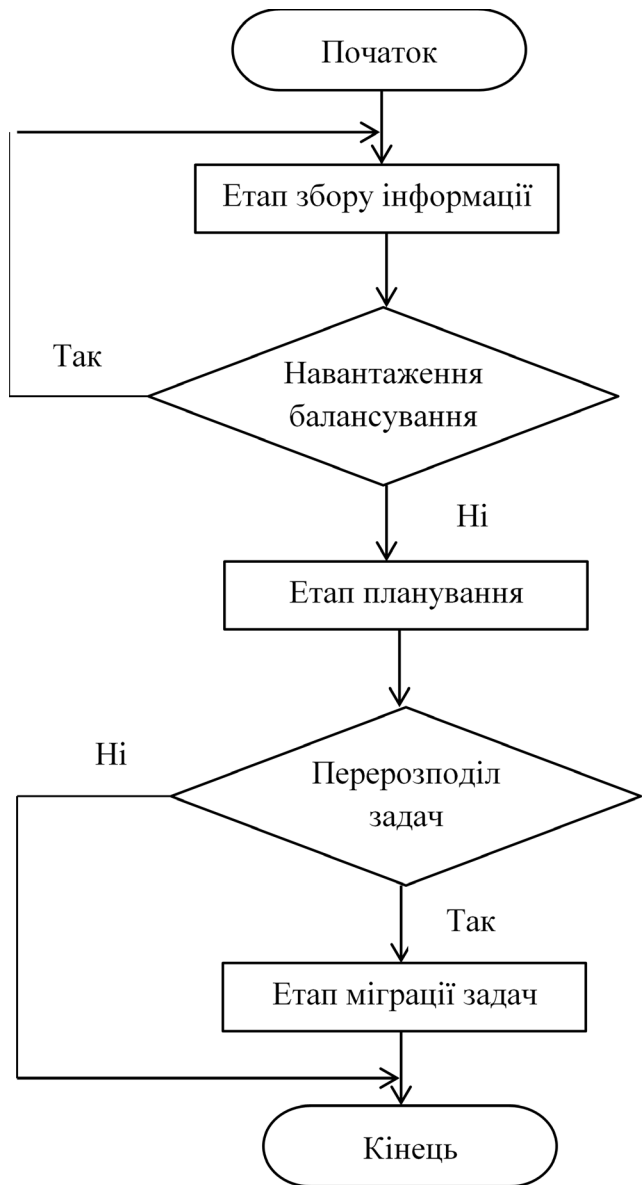


Рис. 1. Загальна схема запропонованого способу динамічного балансування навантаження

де $K = 1, 2, 3 \dots N$ завдання.

$S(VM_{i,t})$ визначається як швидкість обслуговування віртуальної машини в момент часу t , який можна виразити у формі потужності p та кількості процесорів q як $p \cdot x(t)$, де $x = 1, 2, 3 \dots q$.

Навантаження віртуальної машини за часом t обчислюємо як кількість задач на конкретній віртуальній машині, поділену на швидкість обслуговування віртуальної машини.

Отже, загальне навантаження на всю віртуальну машину дорівнює

$$L = \sum_{j=1}^M LVM_j . \quad (3)$$

Якщо заплановане робоче навантаження всієї системи є більшим, ніж її потенціал, то центр об-

робки даних не має можливості впоратися з усіма майбутніми запитами, тому або відмовиться від майбутнього запиту на завдання, або збільшить віртуальну машину за допомогою концепції еластичності. Якщо майбутнє робоче навантаження менше, ніж потенціал всієї віртуальної системи, то знаходиться навантаження на кожну окрему віртуальну машину та визначається, чи є віртуальні машини, які перевантажені або завантажені. Якщо всі віртуальні машини перевантажені, то завдання переноситься на завантажену віртуальну машину так, щоб всі завдання могли бути виконані за мінімальний час.

Час передачі завдання може бути розрахований $TT = \text{довжина завдання } (TL) / \text{пропускна спроможність } (B)$.

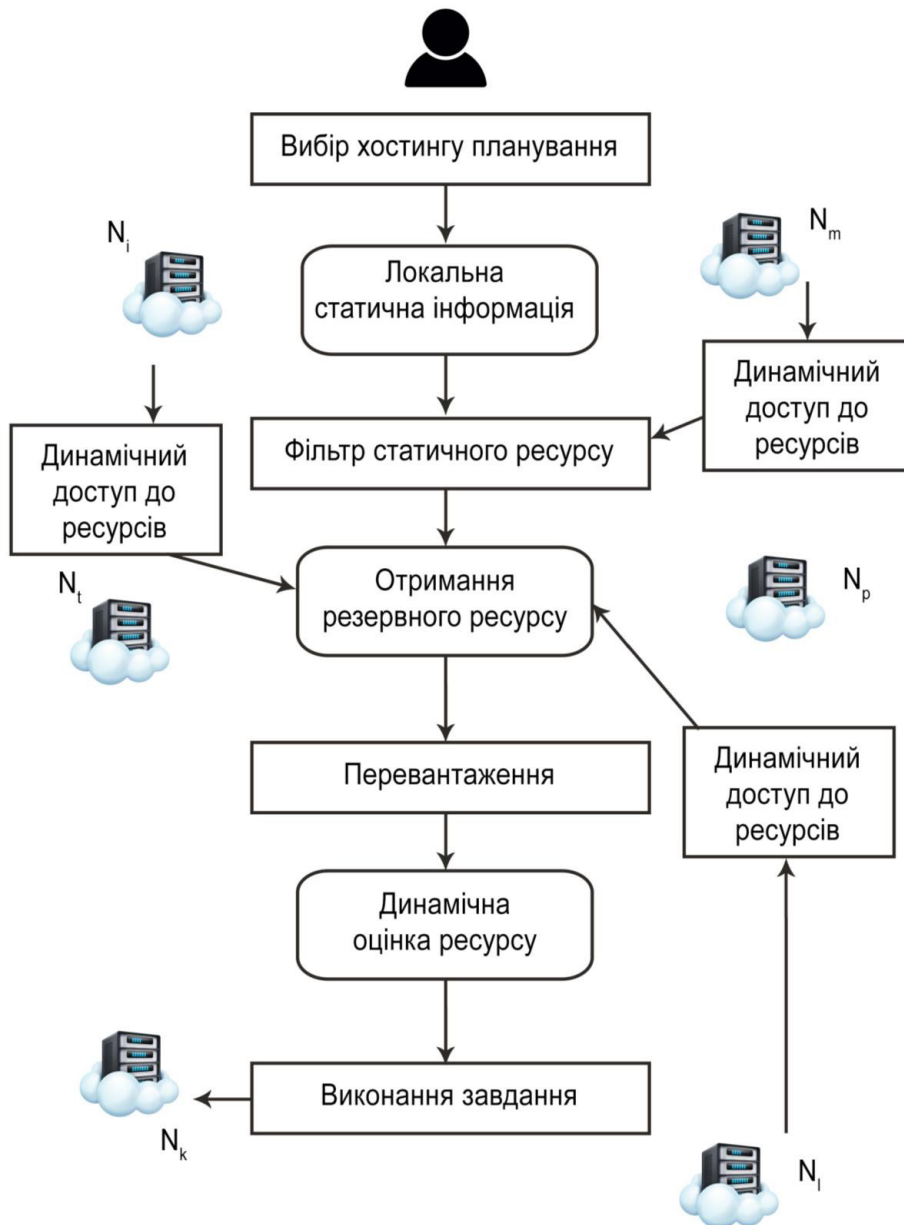


Рис. 2. Опис процесу планування завдань

Знаходимо час виконання завдання T_i на віртуальній машині VM_j

$$T_{exej} = \frac{\sum_i^N E_{ij} * TL_i}{p * q} \quad (4)$$

де $E_{ij} = 1$, якщо завдання T_i призначене віртуальній машині VM_j , інакше значення = 0.

Необхідно визначити час, який складається з часу виконання та передачі завдання (за умови, що будь-яке завдання може переміщуватися з перевантаженої віртуальної машини до завантаженої).

$$MST = \max \left\{ \sum_{j=1}^M T_{exej} \right\} \quad (5)$$

Міграція для вузла, який визначає, чи є вигідною міграція одного процесу або суперпроцесу, вона потребує лише знання про:

- обсяг даних, обмінюваних для зовнішнього зв'язку процесів, на яких він розміщений;
- обсяг даних, що обмінюються для внутрішньої (локальної) комунікації процесів, на яких він розміщується;
- найближчих сусідів, залучених до вищезгаданого зовнішнього зв'язку.

Оскільки вся ця інформація вже відома вузлам всередині системи, виконання Weighted Least Connections (WLC) базується лише на локальній інформації.

Алгоритм WLC не вимагає ніякої локальної інформації, яка ще не доступна або яка не може бути зібрана та мати незначну вартість. Прикладом такої інформації є характеристики навантаження вузлів / процесів, від яких алгоритм не залежить. Для правильного функціонування алгоритму кожен процес повинен знати розташування суміжних процесів. Розумно припустити, що або ця інформація є легкодоступною для того, щоб відбувався процес комунікації, або це може бути поширено повільно, коли процеси спілкуються один з одним.

Щоб відобразити динамічні зміни в обсязі трафіку між двома процесами, приймаємо метод усереднення.

Розглянемо стандартизацію атрибуту ресурсу. Серед рішень проблем багатоцільового атрибуту спосіб квантості атрибутів безпосередньо впливає на об'єктивну оцінку. У процесі оцінки ресурсів використовується кілька показників; кожен індикатор має іншу одиницю і розмірність. Щоб краще відображати фактичний стан ресурсів, кожен індикатор потрібно порівнювати за уніфікованими показниками; тому, перш ніж оцінювати кожен ресурс обчислювального вузла всебічно, нам потрібні вимірювання та стандартизація відповідних показників. У даній роботі використовується метод середнього геометричного методу в методі стандартизації векторів для стандартизації атрибутів

ресурсу, метод простий для розрахунку та вплив екстремального значення менше. Спосіб полягає в наступному:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum (x_{ij})^2}} \quad (6)$$

Оскільки різний атрибут ресурсу має інший вимір, використовуємо формулу (3.6) для розміру та стандартизуємо атрибути статичного ресурсу, як показано нижче:

$$p_i = \frac{p_i * k_i}{\sqrt{\sum_{j=1}^u (d_j * k_j)^2}} m_i = \frac{m_i}{\sqrt{\sum_{j=1}^u m_j^2}}$$

$$d_i = \frac{d_i}{\sqrt{\sum_{j=1}^u d_j^2}} c_i = \frac{c_i}{\sqrt{\sum_{j=1}^u c_j^2}} \quad (7)$$

У формулі 3.7. p означає частоту процесора, k означає число ядер, m — об'єм пам'яті, d — пропускна спроможність периферійного зберігання, а c — пропускна спроможність; $i = \{1, 2, \dots, u\}$ означає всі доступні обчислюванні ресурси.

Розглянемо кількісне розміщення динамічних атрибутів. Оцінка перевантаження усуває обчислювальні ресурси з великим навантаженням і визначає число хостів, які мають кращу продуктивність в системі та є обчислювальними вузлами з відносно легким навантаженням. Алгоритм обирає оптимальні обчислювальні вузли для подання завдань з них за допомогою динамічної оцінки. У даній роботі було використовуємо алгоритм WLC. Завдяки наявності зваженого коефіцієнта застосування модифікованого алгоритму Least Connections визначає ключову роль у представленому способі.

Перед динамічною оцінкою необхідно стандартизувати динамічну інформацію обчислювальних вузлів. Оскільки кожен обчислювальний процесор може мати кілька ядер, процес індикаторів виглядає наступним чином:

$$p'_i(t) = \sum_{i=1}^{k_i} [(1 - p_i(t)) * p_i] \quad (8)$$

У формулі k_i означає основний номер хоста N_i . Для розрахунку стандартизованого значення індикатора динамічного атрибута одиночного обчислюваного ресурсу, використовується формула (3.7), (3.8) та (3.9), виглядає наступним чином:

$$p_i(t) = \frac{p_i * k_i}{\sqrt{\sum_{j=1}^g (p'_j(t))^2}} m_i(t) = \frac{(1 - m_i(t)) * m_i}{\sum_{j=1}^g [(1 - m_j(t)) * m_j]^2}$$

$$d_i(t) = \frac{(1 - d_i(t)) * d_i}{\sqrt{\sum_{j=1}^g [(1 - d_j(t)) * d_j]^2}} c_i(t) = \frac{(1 - c_i(t)) * c_i}{\sqrt{\sum_{j=1}^g [(1 - c_j(t)) * c_j]^2}} \quad (9)$$

Завантаження інформаційної системи зворотного зв'язку. Після фільтрування ресурсів за вимогою та квантованості статичних атрибутів використовуємо вікно перехоплення продукту v , щоб виключити обчислювальні вузли з низькою продуктивністю та виділити l резервних обчислювальних ресурсів з v ресурсів з кращою продуктивністю, використовуючи стохастичну вагу.

У процесі вибору резервних ресурсів коефіцієнт пропорції y безпосередньо впливає на розподіл ймовірності видобутку ресурсів. Коли y дорівнює 1, то ймовірність вибору сортованих обчислювальних ресурсів для резервування близька; коли l відстає від 1, то ймовірність вибору відмінного обчислювального вузла у фронті буде збільшуватися. Наприклад, коли v беруться 4, і прийнято 0,5, можна отримати вірогідність вибору чотирьох сортованих обчислювальних ресурсів відповідно:

$$a_1 = \frac{8}{15} a_2 = \frac{4}{15} a_3 = \frac{2}{15} a_4 = \frac{1}{15} \quad (10)$$

У наведеному вище прикладі ймовірність ресурсу з найбільш відмінними статичними атрибутами становить більше 0,5.

Алгоритм Weighted Least Connections є динамічним, тому що його використовує кожна перевантажена станція і контролюється він з головної станції. Алгоритм зважених найменших зв'язків використовує «ваговий» компонент оснований на відповідних можливостях кожного сервера. Для цього необхідно заздалегідь зазначити «вагу» кожного сервера [3].

Балансувальник навантаження, який використовує алгоритм зважених найменших зв'язків враховує наступні параметри: вагу (ємність) кожного сервера та поточну кількість клієнтів, які в даний час мають підключення до кожного із серверів. Вибір вузла системи цим способом балансування навантаження виконується на основі кількості активних з'єднань, тобто потужності сервера. Алгоритм WLC є динамічним та здатним швидко назначити «вагу» серверам.

Недоліки алгоритму WLC наступні: немає ніякого сенсу застосовувати цей алгоритм для задач з короткими сесіями, які характерні, наприклад, для HTTP протоколів. Для таких видів завдань краще застосовувати Round Robin.

Переваги алгоритму наступні: алгоритм WL використовується для завдань, які пов'язані з тривалими з'єднаннями. Наприклад, для розподілу навантаження між серверами бази даних. Якщо на деяких вузлах буде занадто багато активних підключень, нових запитів вони вже не отримають, і навпаки.

Розглянемо розрахунок часу обробки при навантажувальному тестуванні: виділяється завдання віртуальній машині за алгоритмом планування, після чого проводиться моніторинг системи віртуальних машин. В результаті маємо можливість визначити стан кожної віртуальної машини, а також з'ясувати необхідність балансування навантаження — перенесення завдань з перевантаженої віртуальної машини до менш навантаженої. Для досягнення максимальної оптимізації та виявлення достовірних результатів необхідно збільшити кількість повідомлень і їх довжину. Граничним значенням стає значення перевантаження всієї системи.

Середній коефіцієнт використання ресурсів (Average Resource Utilization Ratio, ARUR): головна мета розподілу навантаження полягає у тому, щоб була можливість максимально використовувати ресурси. Середній коефіцієнт використання ресурсів розраховуємо за формулою:

$$ARUR = \left(\frac{\text{середній час}}{\text{час обробки}} \right) * 100 \quad (11)$$

де середній час = Σ часу, витраченого ресурсом (VM_j), щоб закінчити всю роботу ресурсу, де $j = \{1, 2, 3, \dots, M\}$.

Діапазон середнього коефіцієнта використання ресурсів становить від 0 до 1, максимальне значення для ARUR становить 1 (використання ресурсу становить 100%), найгірше — 0 (ресурс знаходиться в ідеальному стані).

Висновки. У даній статті визначено алгоритм, який зосереджується на збільшенні навантаження, щоб задовольнити вимоги користувача для продовження сервісу шляхом розподілу робочого навантаження в балансовому порядку, щоб отримати максимальне використання ресурсів та зменшити час простою системи. Також представлений метод динамічного балансування навантаження у хмарному середовищі, який має за основу метод міграції задач та модернізований алгоритм Weighted Least Connections, тобто алгоритм динамічного навантаження, який враховує час проходження та середній коефіцієнт використання ресурсів як параметра. Головна мета даного методу є ефективно використання ресурсів у хмарному середовищі.

Проаналізовано головні переваги даного способу, зосереджуючись на ефективному використанні ресурсів у хмарному середовищі. Також розглянуто міграційні процеси при балансуванні навантаження у хмарному середовищі як особові об'єкти. Тому запропоновано виокремити показник, який визначає вплив міграції на мінімізацію загальної вартості мережі.

Література

1. Кононюк А. Е. Фундаментальная теория облачных технологий / «Освіта України». — Київ 2018. — С. 11–51.
2. Андрей Емельянов «Балансировка нагрузки: основные алгоритмы и методы» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://blog.selcctel.in/balansirovka-nagruzki-osnovnye-algoritmy-i-metody/>
3. Батура Т. В. Software & Systems Программные продукты и системы / Мурзин Ф. А., Семич Д. Ф. / Облачные технологии: основные модели, приложения, концепции и тенденции развития Сборник. — 2014. — № 3 (107).
4. Бершадский А. М. Исследование стратегий балансировки нагрузки в системах распределенной обработки данных / А. М. Бершадский, Л. С. Курилов, А. Г. Финогеев // Известия высших учебных заведений. — 2018. — № 4 (12).
5. Гасюк А. А. Инновации в облачных технологиях — одна из основ экономического роста компаний / Электронный научный журнал. — 2016. — № 9 (12). — С. 88–91.
6. Джордж Риз: Облачные вычисления. — BHV — СПб, 2011. — 288 с., ISBN: 978-5-9775-0630-4
7. Дорожкин С. К. Методы оценки загрузки вычислительных узлов распределенной вычислительной системы / С. К. Дорожкин // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. — 2016. — Вып. 14. — С. 140–144.
8. Журнал о системах электронного документооборота (СЭД) ECM-Journal 2018 г. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ecm-journal.ru/docs/TOP-10-oblachnykh-tendencii-v-2018-godu.aspx>
9. Иванисенко И. Н. Анализ методов балансировки нагрузки в распределенных системах / И. Н. Иванисенко, Т. А. Радивилова // Сучасні напрямки розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління: П'ята міжнар. наук.-техн. конф., 23–25 квіт. 2015: матер. конф. — Полтава — Баку — Кіровоград — Харків, Україна. — С. 20–21.
10. Иванисенко И. Н. Балансировка нагрузки в облачных сервисах с учетом самоподобных свойств входящих потоков / И. Н. Иванисенко // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: Междунар. молодеж. форум, 14–16 апр. 2014: матер. форума. — Харків, Україна. — Том 5. — С. 74–76.
11. Иванисенко И. Н. Методы балансировки с учетом мультифрактальных свойств загрузки / И. Н. Иванисенко, Л. О. Кириченко, Т. А. Радивилова // Information content and processing. — 2015. — Vol. 2 (4). — P. 345–368.
12. Иванисенко И. Н. Методы решения задачи балансировки вычислительной нагрузки в сети распределенных вычислений / И. Н. Иванисенко // Информационные технологии в навигации и управлении: состояние и перспективы развития: Первая научно-техн. конф., 5–6 июля 2010: матер. конф. — Киев, Украина, 2010. — С. 26.
13. Игнатенко Е. И. Адаптивный алгоритм мониторинга загруженности сети кластера в системе балансировки нагрузки / Е. И. Игнатенко, В. И. Бессараб, И. В. Дегтяренко // Наукові праці ДонНТУ. — 2011. — Вып. 21(183). — С. 95–102.
14. Иванисенко И. М. OPEN SOURCE продукты балансирования навантаження / И. М. Иванисенко // Free and Open Source Software: VII Всеукр. наук.-практ. конф., 24–27 лист. 2015: матер. конф. — Харків, Україна. — С. 85.
15. К. А. Баркалов, В. В. Рябов, С. В. Сидоров, О некоторых способах балансировки локального и глобального поиска в параллельных алгоритмах глобальной оптимизации, Выч. мет. программирование, 2015, том 11, выпуск 4, 382–387.
16. Калягин И. Н., Воронцов А. А. Использование облачных технологий для бизнеса / Международный студенческий научный вестник. 2016. — № 3–1. — С. 79–80.
17. Кашицин И. М., Сальников И. И. Применение облачных технологий / Международный студенческий научный вестник. 2016. № 3–1. — С. 81–82.
18. Клементьев И. П., Устинов В. А.: Введение в Облачные вычисления. — УГУ, 2015. — 233 с.
19. Крікет Лі. DNS BIND Керівництво для системних адміністраторів / Крікет Лі, Пол Альбітц. — Символ-Плюс, 2017. — 709 с.
20. Медведев А. Облачные технологии: тенденции развития, примеры исполнения / Современные технологии автоматизации. — 2013. — № 2. — С. 6–9.
21. Питер Фингар: «DOT. CLOUD. Облачные вычисления — бизнес-платформа XXI века», Акваринарная Книга, 2011. — 256 с., ISBN: 978-5-904136-21-5
22. Радивилова Т. А. Динамический метод оценки загрузки узлов распределенной системы / И. Н. Иванисенко, Т. А. Радивилова // Проблеми телекомунікацій. — 2016. — № 1(18). — С. 42–51.
23. Сергей Зубов «Сравнительный анализ методов балансировки трафика» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://habr.com/companv/oleg-bunin/blog/319262/>
24. Спирин Г. М. Анализ эффективности работы облачных компьютерных технологий в работе компании / Электронный научный журнал. — 2016. — № 4. — С. 160–163.

Хорошайло Юрий Евгеньевич

кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры проектирования и эксплуатации электронных аппаратов Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Khoroshaylo Yuriy

PhD, Associate Professor, Professor of the Engineering of Embedded Control System Department Kharkiv National University of Radioelectronics

Сезонова Ирина Константиновна

кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры компьютерно-интегрированных технологий, автоматизации и механотроники Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Sezonova Irina

PhD, Associate Professor, Professor of the Department of Computer-Integrated Technologies Kharkiv National University of Radioelectronics

Ефименко Сергей Андреевич

аспирант кафедры проектирования и эксплуатации электронных аппаратов Харьковского национального университета радиоэлектроники

Yefimenko Sergey

Graduate Student of the Engineering of Embedded Control System Department of the Kharkiv National University of Radioelectronics

ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЗЕРНА

OPTOELECTRONIC EXPRESS QUALITY CONTROL OF GRAIN

Аннотация. Проанализирована целесообразность и преимущества применения оптоэлектронных колориметров для определения качества зерна. Дана сравнительная характеристика устройств для определения цвета, в частности, зерна. Применение цветовой оптоэлектроники в сельском хозяйстве является новым актуальным направлением исследований рассматриваемого вопроса.

Из 20 известных в наше время видов пшеницы наибольшую площадь и максимальное товарное производство зерна в нашей стране принадлежит, также, как и в других странах, мягкой и твердой пшеницы. Мягкая пшеница используется в основном для производства муки, направляемой в хлебопекарную, кондитерскую, частично в макаронную крупяную промышленность. Твердая пшеница является нужным сырьем для производства макаронных изделий. Однако основным фактором, влияющим на качество зерна мягкой и твердой пшеницы, является сорт. Все сорта мягкой пшеницы делятся на сильные, средней силы (ценные) и слабые. Цвет и внешний вид определяют путем осмотра образца в целях установления вида (культуры) зерна, его типовой принадлежности и отчасти для выявления его состояния. Зерно свежее, нормально вызревшее, убранное и хранившееся в благоприятных условиях, имеет хорошо выраженный цвет, свойственный данной культуре, типу, сорту, гладкую блестящую поверхность. Зерно, подвергавшееся подмочке, увлажнению, обычно матовое, белесоватое, а зерно пленчатых культур – потемневшее. Испорченное зерно всегда явно потемневшее, неоднородное, иногда с пятнами плесени на поверхности. Предложен наиболее экономичный и простой в использовании тип колориметра и метод определения цветовых характеристик зерна. Разработанный авторами цифровой колориметр позволяет осуществлять экспресс-контроль качества зерна с достаточно высокими метрологическими показателями и не требует высокой квалификации обслуживающего персонала.

Ключевые слова: определение цвета, электронный колориметр, качество зерна, оптоэлектроника.

Summary. The feasibility and benefits of using optoelectronic colorimeters to determine the quality of grain are analyzed. A comparative characteristic of devices for determining color, in particular, grain. The most economical and easy to use type of colorimeter and a method for determining the color characteristics of the grain are proposed. Of the 20 species of wheat known in our time, the largest area and maximum commodity grain production in our country belongs, just as in other countries, of soft and durum wheat. Soft wheat is used mainly for the production of flour, sent to the bakery, confectionery, partly in the pasta groats industry. Durum wheat is a necessary raw material for pasta production. However, the main factor affecting the quality of grain of soft and durum wheat is the variety. All varieties of soft wheat are divided into strong, medium strength (valuable) and weak. Color and appearance are determined by examining the sample in order to establish the type (culture) of the grain, its type accessory, and in part to identify its condition. The grain subjected to the dimple, moisturizing, usually opaque, whitish, and the grain of membranous cultures – darkened. Spoiled grain is always obviously darkened, heterogeneous, sometimes with mold stains on the surface. The most economical and easy to use type of colorimeter and a method for determining the color characteristics of the grain are proposed. The digital colorimeter developed by the authors allows express quality control of grain with sufficiently high metrological indices and does not require highly skilled service personnel.

Key words: color determination, electronic colorimeter, grain quality, optoelectronics.

Приборы для измерения и определения цвета предмета или поверхности применяются уже не одно десятилетие. В настоящее время они все более находят себе применение в различных областях деятельности человека, как в традиционных промышленных, так и в других, включая сельское хозяйство. Они широко используются в промышленности при тестировании электронных аппаратов, в криминалистике для идентификации цветовых оттенков, в полиграфической и издательской деятельности для подбора цветовых тонов, в промышленном дизайне и т.д. Актуальность разработки и производства новых современных аппаратов и методов измерения цвета с широкими операционными возможностями, недорогих и удобных в эксплуатации на сегодня не вызывает сомнений.

Сравнительный анализ устройств для измерения цвета. Одним из наиболее распространенных устройств для измерения цвета, применяемых в вышеперечисленных областях, является оптоэлектронный колориметр. Он обладает следующими достоинствами: возможность экспресс контроля, простота в эксплуатации, высокая достоверность (точность) измерения, относительная дешевизна. Возможности оптоэлектронного колориметра зна-

чительно превосходят по аналогичным параметрам другие приборы для измерения цвета.

Одной из первых разработок авторов данной статьи являлось устройство, принцип действия которого заключался в следующем — измерение цвета осуществлялось путем разложения исследуемого цвета на три составляющие при помощи специальной призмы, преобразования их в фототоки, усиления полученных сигналов до заданного уровня и подачи их на три отклоняющие системы электроннолучевой трубки (ЭЛТ), расположенные на горловине под углом 120° одна относительно другой. На экране трубки нанесен калиброванный градуированный треугольник. Положение светового луча на экране в этой трубке дает процентное содержание трех основных цветов и результирующий цвет [1, с. 2; 5, с. 37; 6, с. 5].

Однако данное устройство обладает недостаточной точностью измерения вследствие погрешности, связанной с толщиной точки луча на цветовом треугольнике и погрешности координатной сетки самого цветового треугольника и других погрешностей, связанных с методами измерения цвета. В процессе исследований разработано новое устройство, работающее по вышеописанной методике, исключаящее ЭЛТ (Рис. 1).

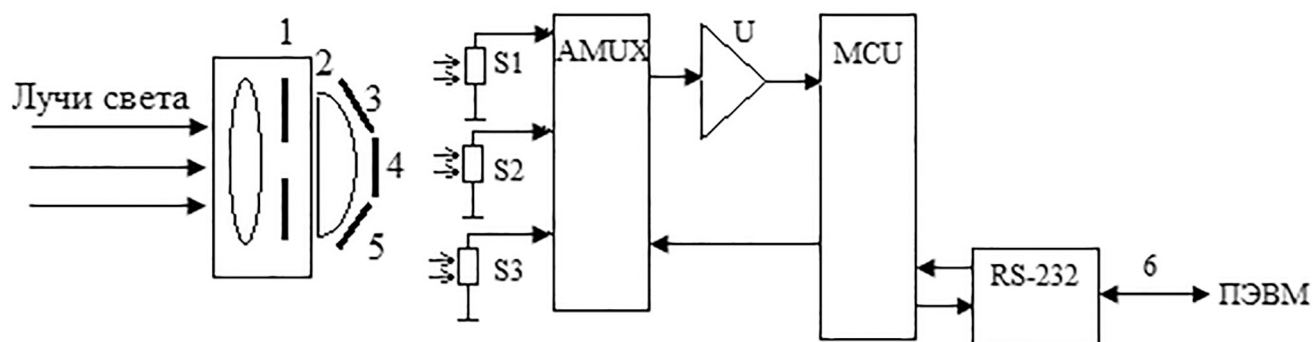


Рис. 1. Схема оптоэлектронного колориметра [2, с. 3]
Источник: разработка авторов

Недостаточная точность исследований и погрешности, связанные с координатной сеткой привели к новой конструкции устройств для измерения отраженного цвета. Принцип работы одного из которых заключается в следующем: отраженное излучение от измеряемого объекта попадает в объектив электронного колориметра, который состоит из трех каналов R, G, B. В каждом канале измеряемый световой поток попадает на соответствующий датчик освещенности (фотодиод), с которых аналоговый сигнал попадает на мультиплексор, осуществляю-

щий передачу одного из трех входных сигналов на вход нормализующего усилителя [3, с. 3]. Выбор необходимого канала осуществляет микропроцессор, подавая соответствующий цифровой код на адресные входы мультиплексора. Нормирующий усилитель предназначен для приведения входного сигнала от датчиков освещенности к диапазону 0...4,096 В, достаточному для оцифровки сигнала встроенным 10-ти битным аналого-цифровым преобразователем АЦП процессора (STM32F101 фирмы MICROCHIP). Программа микропроцессора обеспечивает функцио-

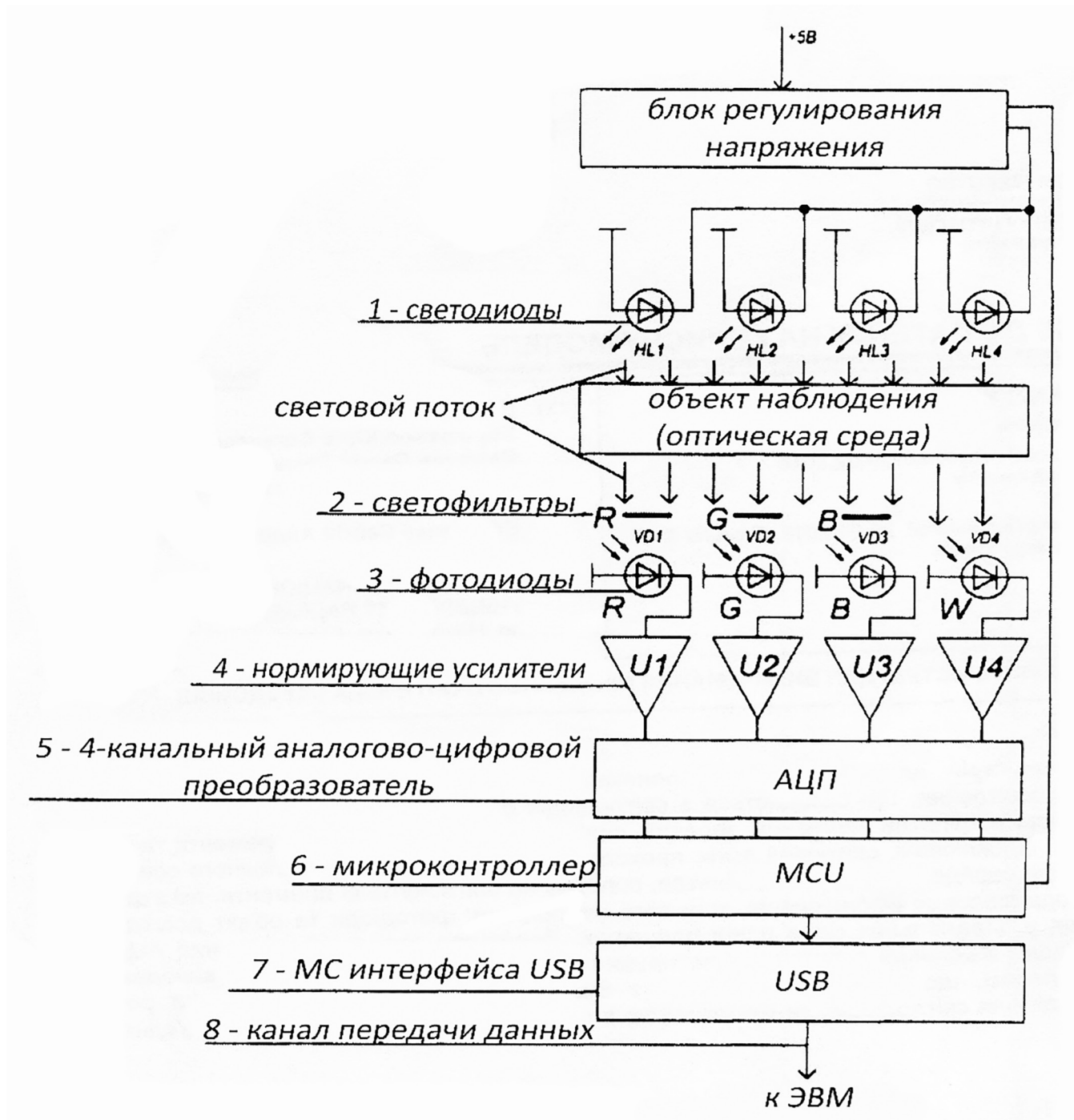


Рис. 2. Цифровой колориметр для измерения проницаемости оптических сред [1, с. 2]

Источник: разработка авторов

нирование всего преобразовательного блока в целом. Программа выполняет следующий набор функций: управление переключением каналов аналогового мультиплексора; оцифровка поступающего на вход АЦП микропроцессора нормализованного сигнала с датчиков освещенности; калибровка сигналов, поступающих с датчиков освещенности; цифровая фильтрация и усреднение полученных результатов измерений; преобразование результатов измерений уровня освещенности в стандартный RGB вид; передача по запросу от компьютера результатов измерений и расчетов на компьютере по последовательному каналу связи RS-232 (Рис. 2).

С целью уменьшения влияния освещенности на объект измерения, а также измерения проницаемости оптических сред разработан цифровой колориметр [3, с. 4], который состоит из эталонного источника освещенности: светодиодов белого цвета свечения с температурой света 5600К, трех светофильтров (красный, зеленый, синий), четырех светочувствительных элементов и четырех нормирующих усилителей. Устройство работает следующим образом — световой поток, проходя от светодиодов эталонного освещения через оптическую среду и светофильтры, попадает на светочувствительные элементы, которые соединены с входами нормирующих усилителей, кроме этого светодиоды, фотодиоды и объект исследования находятся в параллельных плоскостях. Четырехканальный АЦП своими входами соединен с выходами четырех нормирующих усилителей, а выходы — с микроконтроллером, который выходами соединен с блоком регулирования напряжения, предназначенного для регулировки яркости свечения светодиодов, и микросхемой интерфейса USB, выход интерфейса соединен с компьютером (Рис. 2).

Применение цветовой оптоэлектроники в сельском хозяйстве является новым актуальным направлением исследований рассматриваемого вопроса.

Из 20 известных в наше время видов пшеницы наибольшую площадь и максимальное товарное производство зерна в нашей стране принадлежит, также, как и в других странах, мягкой и твердой пшеницы. Мягкая пшеница используется в основном для производства муки, направляемой в хлебопекарную, кондитерскую, частично в макаронную крупяную промышленность. Твердая пшеница является нужным сырьем для производства макаронных изделий. Однако основным фактором, влияющим на качество зерна мягкой и твердой пшеницы, является сорт. Все сорта мягкой пшеницы делятся на сильные, средней силы (ценные) и слабые.

Основой классификации зерна пшеницы является тип, учитывающий видовые признаки (мягкая, твердая), ботанические особенности (яровая, озимая) и интенсивность окраски (темно-красная, красная, светло-красная, желто-красная, желтая).

Зависимость сортности зерна пшеницы от цвета выглядит следующим образом:

1. Мягкая яровая, краснозерная имеет темно-красный, красный, светло-красный цвет. Допускается наличие желтых, желтобоких, обесцвеченных и потемневших зерен в количестве, не нарушающем основного фона.

2. Твердая яровая имеет темно-янтарный, светло-янтарный цвет. Допускается наличие побелевших, обесцвеченных, мучнистых зерен в количестве не нарушающем основного фона.

Свежесть зерна включает: вкус, запах и цвет. По цвету, блеску, запаху, а иногда и по вкусу можно судить о добротности или природе дефектов партии продукции. На цвет зерна могут влиять: захват на корню морозом, захват суховею, порошение зерна клопом-черепашкой, нарушение тепловых режимов сушки. Зерно с измененным цветом относят к зерновой примеси [4, с. 135].

Цвет и внешний вид определяют путем осмотра образца в целях установления вида (культуры) зерна, его типовой принадлежности и отчасти для выявления его состояния. Зерно свежее, нормально вызревшее, убранное и хранившееся в благоприятных условиях, имеет хорошо выраженный цвет, свойственный данной культуре, типу, сорту, гладкую блестящую поверхность. Зерно, подвергавшееся подмочке, увлажнению, обычно матовое, белесоватое, а зерно пленчатых культур — потемневшее. Испорченное зерно всегда явно потемневшее, неоднородное, иногда с пятнами плесени на поверхности.

На основании вышеизложенного актуальным является проведение экспертизы качества зерна.

Авторами предлагается один из методов контроля качества зерна по цветовым характеристикам — колориметрический экспресс-контроль, который позволяет быстро и с достаточной достоверностью определять по цветовым оттенкам описанные выше особенности типов зерновых и их состояние.

Основным элементом предлагаемого в данных целях электронного колориметра является датчик цвета, который каждому излучению ставит в соответствие три сигнала, пропорциональных цветовым координатам. Для преобразования световой энергии в электрическую используется три фотоприемника, спектральная характеристика которых должна находиться в области видимого участка спектра и воспроизводить одну из кривых сложения цвета. Так как трудно подобрать фотоприемники с такими характеристиками, то перед ними необходимо установить светофильтры, подобранные так, чтобы результирующая характеристика фотоприемника и светофильтра $f(\lambda)$ совпадали с одной из кривых сложения.

Сигналы с фотоприемников поступают к индивидуальным входам аналогового мультиплексора (AMUX). Данный аналоговый мультиплексор осуществляет передачу одного из трех входных сигналов на вход нормирующего усилителя U. С выхода нормирующего усилителя сигнал поступает на входной порт микроконтроллера (MCU). Нормирующий

усилитель предназначен для приведения входного сигнала от датчиков освещенности к диапазону 0...4096В, достаточного для оцифровки сигнала встроенных 10-ти битовых аналого-цифровых преобразователей (АЦП) микроконтроллера, на который поступает сигнал. Выбор необходимого канала осуществляет микропроцессор, подавая соответствующий цифровой код на адресные входы мультиплексора. Программа управления устройства прошивается внутри микропроцессора.

Программа микропроцессора обеспечивает фиксирование всего устройства в целом. Для этого программа использует следующий набор функций: управление переключением каналов аналогового мультиплексора; оцифровка нормированного сигнала с датчиков освещенности, который подается на вход АЦП микропроцессора; калибровка сигналов, которые приходят с датчиков освещенности; цифровая фильтрация и усреднение получаемых результатов измерений; преобразование результатов измерения уровня освещенности в стандартный RGB вид; передача по требованию от компьютера, результатов измерений и расчетов на компьютере по последовательному каналу связи RS-232.

Обмен данными с ПЭВМ осуществляется с использованием асинхронного последовательного порта передачи данных микропроцессора USART. Для согласования уровней цифровых сигналов стандарта EIA RS-232 используется микросхема интерфейса RS-232.

Преобразование результатов измерения уровня освещенности в стандартный RGB вид осуществляется следующим образом: сигнал, который поступил на входной порт микропроцессора преобразуется в систему XYZ, которая стандартизована международной комиссией по освещению CIE по формулам:

$$X = K_{XR}R + K_{XG}G + K_{XB}B,$$

$$Y = K_{YR}R + K_{YG}G + K_{YB}B,$$

$$Z = K_{ZR}R + K_{ZG}G + K_{ZB}B.$$

где X, Y, Z — соответствующие координаты системы XYZ;

K_{XR}, K_{XG}, K_{XB} — координаты для подсчета

величины X ;

K_{YR}, K_{YG}, K_{YB} — координаты для подсчета

величины Y ;

K_{ZR}, K_{ZG}, K_{ZB} — координаты для подсчета

величины Z — что позволяет однозначно идентифицировать цвет объекта исследования.

Таким образом разработанный способ и реализующий его прибор для проведения измерений цвета вне лабораторий в цеховых и полевых условиях, оснащен простым и удобным интерфейсом, можно создавать собственные компьютерные эталоны. Существенным преимуществом прибора является мобильность при перемещении, оперативность экспресс измерений; отсутствие специальной лаборатории и высококвалифицированных специалистов.

Методика контроля качества (вида) зерна по цветовым характеристикам заключается в следующем: исследуемый образец помещают на столик, расположенный в фокальной плоскости прибора. Столик имеет высокий коэффициент поглощения. Образец освещают со стороны прибора или снизу на просвет через прозрачный столик. Освещение осуществляется красным, зеленым и синим светом. Освещение осуществляется в соответствии с методикой измерений: каждым цветом в отдельности, либо в любой комбинации или всеми источниками света вместе. Прибор измеряет поглощение света от образца и сравнивает с компьютерным эталоном. В автоматическом режиме сигнализирует звуковым сигналом о несоответствии. В ручном режиме накапливает статистику и создает компьютерный эталон.

Сравнение исследуемого зерна с компьютерным эталоном позволяет надежно фиксировать различия в характеристиках проб зерна и исключить субъективность визуальной оценки. Сочетание оцифрованных цветовых характеристик зерновых и рассчитанных характеристик составляет «цифровой эталон зерна».

Вывод. Разработанный авторами цифровой колориметр позволяет осуществлять экспресс-контроль качества зерна с достаточно высокими метрологическими показателями и не требует высокой квалификации обслуживающего персонала.

Литература

1. Электронный колориметр. А.С. № 458719 М. Кл. G 01j 3/50 Хорошайло, Ю. Е. Хорошайло Е. С., (30.06.75).
2. Цифровой колориметр. Патент України на корисну модель UA № 112299 МПК G01 J з 3/46 (2006.01) Україна, Ю. Е. Хорошайло, С. Г. Семенов, В. В. Лимаренко. 25.05.2016.
3. Цифровой датчик для вимірювання кольору. Патент України на корисну модель UA № 107317 МПК G01 J з 3/46 (2006.01) Україна, Ю. Е. Хорошайло, С. Г. Семенов, В. В. Лимаренко. 25.05.2016.
4. Иванова Т. Н. Товароведение и экспертиза зерноучучных товаров: учеб. для вузов / Т. Н. Иванова. — М.: ИЦ Академия, 2004. — 287 с.: ил.

5. Романюк Г. Г. Товароведение и экспертиза зерновых и плодоовощных товаров: Методическое пособие по выполнению лабораторно-практических занятий / Г. Г. Романюк, С. Б. Иванова // М.: РГТЭУ, 2004.

6. Хорошайло Ю. Е., Сезонова И. К. и др. Измерение цвета // Сборник статей. Контрольно-измерительные приборы и автоматика. — № 1. — 2005. — С. 30.

7. ISO 11664-1; 2007 (CIE S014-1 / E: 2006) Колориметрия. Часть 1. Колориметрические наблюдения по стандарту CIE.

References

1. Elektronnyy kolorimetr. A.S. № 458719 М. Кл. G 01j 3/50 Khoroshaylo, YU. Ye. Khoroshaylo Ye.S., (30.06.75).
2. Tsyfrovy kolorymetr. Patent Ukrayiny na korysnu model' UA № 112299 MPK G01 J z 3/46 (2006.01) Ukrayina, YU.YE. Khoroshaylo, S. H. Semenov, V. V. Lymarenko. 25.05.2016.
3. Tsyfrovy datchyk dlya vymiryuvannya koloru. Patent Ukrayiny na korysnu model UA № 107317 MPK G01 J z 3/46 (2006.01) Ukrayina, YU.YE. Khoroshaylo, S. H. Semenov, V. V. Lymarenko. 25.05.2016.
4. Ivanova, T. N. Tovarovedeniye i ekspertiza zernomuchnykh tovarov: ucheb. dlya vuzov / T. N. Ivanova. — М.: ITS Akademiya, 2004. — 287 s.: il.
5. Romanyuk G. G. Tovarovedeniye i ekspertiza zernovykh i plodoovoshchnykh tovarov: Metodicheskoye posobiye po vypolneniyu laboratorno-prakticheskikh zanyatiy / G. G. Romanyuk, S. B. Ivanova; М.: RGTEU, 2004.
6. Khoroshaylo YU. Ye., Sezonova I. K. i dr. Izmereniye tsveta // Sbornik statey. Kontrol'no-izmeritel'nyye pribory i avtomatika. — № 1. — 2005. — С. 30.
7. ISO 11664-1; 2007 (CIE S014-1 / E: 2006) Kolorimetriya. Chast' 1. Kolorimetricheskiye nablyudeniya po standartu CIE.

Шматок Олексій Іванович

*кандидат технічних наук,
старший викладач кафедри біотехніки та інженерії
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Шматок Алексей Иванович

*кандидат технических наук,
старший преподаватель кафедры биотехники и инженерии
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Shmatok Oleksii

*PhD in Engineering Sciences,
Senior Lecturer of Bioengineering and Biotechnics Department
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

Посунько Дмитро Вікторович

*старший науковий співробітник відділу
тепломасообміну в дисперсних системах
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Посунько Дмитрий Викторович

*старший научный сотрудник отдела
тепломасообмена в дисперсных системах
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Posunko Dmytro

*Senior Scientist of Heat and Mass Transfer in Disperse Systems
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ
ПРИ ВИЛУЧЕННІ БІОЛОГІЧНО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН (БАР)
З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ МАСООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ПРИ ИЗВЛЕЧЕНИИ БИОЛОГИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ (БАВ)
ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

**INTENSIFICATION OF MASS-EXCHANGE PROCESSES
IN EXTRACTION BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES (BAS)
FROM PLANT RAW MATERIALS**

Анотація. Наводяться результати визначення впливу способу екстрагування БАР на інтенсивність масообмінних процесів. Показано, що реалізація екстрагування омиванням сировини рухомим екстрагентом дозволяє значною мірою інтенсифікувати масообмінні процеси.

Ключові слова: БАР, екстрагування, інтенсифікація, мацерація, перколяція.

Аннотация. Приводятся результаты определения влияния способа экстрагирования БАВ на интенсивность массообменных процессов. Показано, что реализация экстрагирования омыванием сырья движущимся экстрагентом позволяет в значительной мере интенсифицировать массообменные процессы.

Ключевые слова: БАВ, экстрагирование, интенсификация, мацерация, перколяция.

Summary. The results of determining the influence of the method of extracting biologically active substances on the intensity of mass transfer processes are given. It is shown that the realization of extraction by washing of raw materials with a moving extractant allows to significantly intensify the mass transfer processes.

Key words: BAS, extraction, intensification, maceration, percolation.

Вступ. Для виробництва галенових препаратів у фармацевтичній промисловості широко використовується метод екстракції БАР з рослинної сировини за допомогою рідких екстрагентів. Як екстрагенти найбільш широко використовуються вода, етиловий спирт, їх суміші в різних співвідношеннях, а також різні органічні розчинники [1; 2].

На більшості заводів екстрагування здійснюється малоефективними, трудомісткими і тривалими методами перколяції та мацерації, при цьому час екстрагування БАР становить від 1 до 20 діб. Незважаючи на низьку ефективність мацерація продовжує широко використовуватися, так як одержувані цим способом екстракти містять невелику кількість баластних речовин, що важливо при отриманні екстрактів необхідної у фармації якості [3].

В основі отримання екстрактів лежить комплекс тепломасообмінних процесів: конвективної і молекулярної дифузії, перенесення речовини, що вилучається, з твердої фази в рідку. У процесі екстрагування всередині клітини і на її поверхні під дією екстрагента протікає ряд фізико-хімічних і масообмінних процесів: набухання, осмос, дифузія, розчинення.

При попаданні екстрагента в рослинну сировину він вимиває в першу чергу екстрактивні речовини, що знаходяться на поверхні клітин і з пошкоджених в процесі подрібнення клітин. Проникнення екстрагента крізь клітинні мембрани всередину клітин відбувається значно повільніше.

Після потрапляння екстрагента всередину клітини відбувається її набухання і розчинення екстрактивних речовин, в результаті чого всередині клітини утворюється концентрований розчин, який має великий осмотичний тиск. Паралельно, завдяки градієнту концентрацій, розчинені речовини клітин дифундують крізь клітинні мембрани в екстрагент, що знаходиться поза клітинами. Дифузія і осмос різних речовин протікають з різною швидкістю. Процес триває до встановлення рівноваги, коли концентрація речовин, що знаходяться в розчині всередині клітин, стає рівною їх концентрації в розчині, що знаходиться поза клітинами [4].

На повноту і швидкість екстрагування впливають такі фактори, як: розмір часток сировини, температура і тривалість процесу, співвідношення між кількістю сировини і екстрагенту, та ряд інших чинників.

Одним з основних способів інтенсифікації процесу екстрагування є зменшення розміру часток рослинної сировини. Від ступеня подрібнення сировини залежить її внутрішній дифузійний опір: зі зменшенням розміру частинок збільшується молекулярна (внутрішня) дифузія, так як стає більше

зруйнованих клітин і зменшується шлях для виходу екстрактивних речовин з внутрішніх шарів. Слідом за цим збільшується і зовнішня (конвективна), тобто дифузія від поверхні частинок сировини в екстрагент, і, отже, прискорюється процес масопередачі. Однак, у міру зменшення розміру часток сировини різко погіршуються гідродинамічні умови протікання екстрагента через шар сировини. Дрібні частинки можуть злежуватися при мацерації або виноситися потоком екстрагента при проведенні перколяції, крім того може погіршуватись змочування такої сировини екстрагентом, а також погіршується оновлення екстрагента буля поверхні сировини.

Виходячи з цього, необхідно якісно організувати потік екстрагента через шар подрібненої рослинної сировини, що дозволить поліпшити змочування сировини, забезпечить доставку ненасиченого екстрагента до поверхні частинок сировини і винесення розчинених речовин. Комплекс цих факторів дозволить інтенсифікувати процес екстракції.

Мета. Визначення впливу способу екстрагування БАР на інтенсивність масообмінних процесів.

Методика реалізації. Рослинна сировина екстрагували різними способами: в нерухомому об'ємі екстрагента (мацерація), з рухом екстрагента через шар сировини в одному напрямку (перколяції), зі знакозмінним рухом екстрагента через шар сировини. Визначали накопичення екстрактивних речовин в екстрагенті в залежності від способу екстрагування і часу проведення процесу.

Матеріали та методи. Об'єктами досліджень були 2 типи рослинної лікарської сировини: квіти календули лікарської (*Caléndula officinalis*) і кора крушини (*Frangula alnus*), які екстрагували двома видами екстрагентів: водно-спиртовий розчин (70% об.) і вода, відповідно. Для приготування екстрагентів використовувалася вода дистильована.

Проведення процесу екстрагування проводилось на експериментально-промисловій установці «Сибір-600», розробленій в Інституті технічної теплофізики НАНУ [5]. Установка дозволяє здійснювати різні способи екстрагування, обладнана системами циркуляції екстрагента, підтримки заданої температури ведення процесу. Установка обладнана двома ємностями з касетами для рослинної сировини, проміжними ємностями з теплообмінниками, продуктивними насосами, фільтрами, системами нагрівання та охолодження теплоносія, трубопроводною і запірною арматурою. При проходженні екстрагента через проміжну ємність з теплообмінником (як теплоносієм використовується гаряча вода) підтримується необхідна температура екстрагента (рис. 1).

Для визначення впливу режиму течії через шар рослинної сировини при екстрагуванні кори крушини (*Frangula alnus*) водою, розглядалися: екстракція нерухомим екстрагентом, екстрагування з рухом екстрагента через сировину в одному напрямку і екстрагування зі знакозмінним рухом екстрагента, тобто з рухом екстрагента через шар сировини в двох напрямках по чергово.

Умови експерименту з екстрагування кори крушини наступні: екстрагент — вода дистильована; температура проведення екстракції — 60 ± 2 °C; розмір часток сировини — 0,5...2,0 мм; співвідношення продукту і екстрагенту — 1:10 (гідромодуль — 10); час екстрагування — 160 хв. Визначався вихід сухих речовин (СР) і антраценів в отриманому екстракті.

Також були проведені досліді з отримання екстракту з квітів календули (*Calendula officinalis*) за допомогою водного розчину етилового спирту (70% об.). Умови експерименту наступні: температура екстрагування — 35 ± 2 °C, розмір часток — 1,0...3,0 мм; відношення продукту до екстрагенту — 1:10; час екстрагування — 2880 хв (48 годин).

Експерименти проводилися з використанням трьох способів екстрагування: мацерація, перколяція з односпрямованим рухом екстрагента через шар сировини, перколяції зі знакозмінним рухом екстрагента через шар сировини. Кратність повторення експериментів — 3.

Концентрацію сухих речовин визначали стандартними лабораторними методами.

Додатково проводився візуальний контроль одержуваного екстракту на наявність осаду баластних речовин безпосередньо після приготування екстракту і при його зберіганні протягом шести місяців.

Обробка отриманих результатів проводилася з використанням програми Excel 2003.

Результати експериментів представлені на рис. 2, 3 показали значне збільшення інтенсивності масообмінних процесів екстрагування рослинної сировини способом перколяції.

При екстрагуванні кори крушини водою з нерухомим екстрагентом швидкість вилучення сухих

речовин становить $23 \dots 55 \times 10^{-3}$ ум.% СР за хв., При екстрагуванні з рухом екстрагента в одному напрямку — $22 \dots 62 \times 10^{-3}$ ум.% СР за хв., і при екстрагуванні зі знакозмінним рухом екстрагента — $26 \dots 71 \times 10^{-3}$ ум.% СР за хв. Вихід сухих речовин збільшився з 2,26 ум.% СР при екстрагуванні з нерухомим екстрагентом до 2,35 ... 2,37 ум.% СР при перколяції зі знакозмінним рухом екстрагента. Швидкість виходу антраценів, також відповідно збільшилася. Час експозиції до досягнення рівноважної концентрації скоротився зі 160 хв. при екстрагуванні з нерухомим екстрагентом до 100 хв. при екстрагуванні з рухом екстрагента через шар сировини.

Візуальний контроль одержуваних екстрактів не виявив значного вмісту баластних речовин (осад відсутній або його кількість незначна).

Результати експериментів екстрагування квітів календули (*Calendula officinalis*) представлені на рис. 3.

При екстрагуванні квітів календули швидкість вилучення сухих речовин при екстрагуванні з нерухомим екстрагентом складає $1 \dots 3,5 \times 10^{-3}$ ум.% СР за хв., При екстрагуванні з рухом екстрагента в одному напрямку — $2 \dots 4,5 \times 10^{-3}$ ум.% СР за хв. і при екстрагуванні зі знакозмінним рухом екстрагента — $2,2 \dots 5 \times 10^{-3}$ ум.% СР за хв. Вихід сухих речовин збільшився з 2,12 ум.% СР при екстрагуванні з нерухомим екстрагентом до 3,04 ... 3,07 ум.% СР при екстрагуванні з рухом екстрагента. При цьому час експозиції скоротилося з 2880 хв. (48 годин) при екстрагуванні з нерухомим екстрагентом до 1440 хв. (24 години) при екстрагуванні з рухом екстрагента, тобто в 2 рази.

Візуальний контроль одержуваних екстрактів не виявив значного вмісту баластних речовин.

Обговорення

Узагальнивши отримані в результаті експериментів дані, запропонована схема для вилучення БАР для використання в промислових умовах.

Інтенсифікація процесу екстрагування здійснюється шляхом багаторазового знакозмінного руху

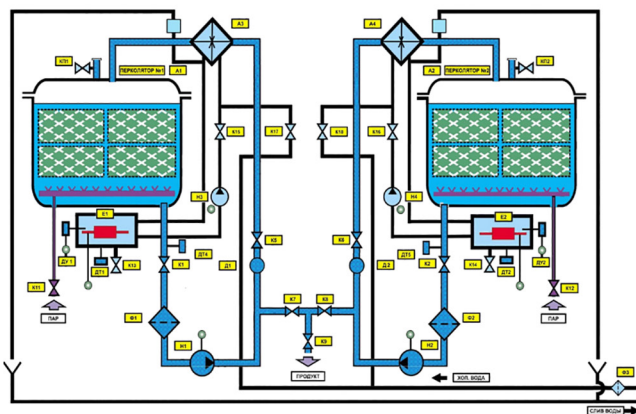
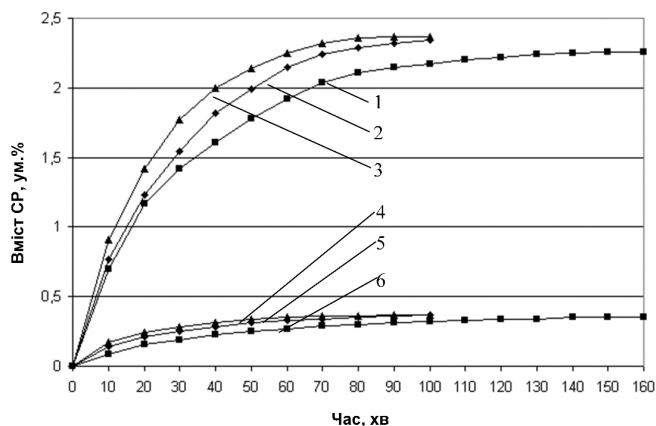


Рис. 1. Принципова схема установки для екстрагування БАР з рослинної сировини «Сибір-600»

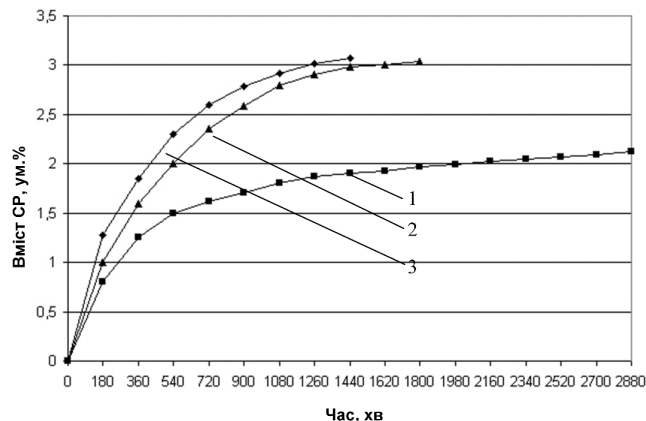


1 — вміст СР при екстрагуванні нерухомим екстрагентом; 2 — вміст СР при екстрагуванні з рухом екстрагента в одному напрямку; 3 — вміст СР при екстрагуванні зі знакозмінним рухом екстрагента; 4 — вміст антраценів при екстрагуванні нерухомим екстрагентом; 5 — вміст антраценів при екстрагуванні з рухом екстрагента в одному напрямку; 6 — вміст антраценів при екстрагуванні зі знакозмінним рухом екстрагента

Рис. 2. Залежність водної екстракції сухих речовин і антраценів (ум. %) з кори крушини від часу експозиції

екстрагента через нерухомий шар сировини при зміні рівня «дзеркала» екстрагента в перколяторі. Рух «дзеркала» екстрагента в перколяторі відбувається за рахунок заповнення і спустошення проміжної ємності.

Для підвищення ступеню вилучення БАР, залишок сировини після зливу отриманого екстракту заливають свіжим екстрагентом, а отриманий екстракт заливають в перколятор зі свіжою сировиною для підвищення кількості сухих речовин в готовому екстракті. Така схема дозволяє підвищити загальний вміст БАР в отримуваних готових екстрактах, вилучаючи при цьому максимально можливу кількість БАР з вихідної рослинної сировини.



1 — екстрагування нерухомим екстрагентом; 2 — екстрагування з рухом екстрагента в одному напрямку; 3 — екстрагування зі знакозмінним рухом екстрагента

Рис. 3. Залежність водо-спиртової екстракції сухих речовин (ум. %) з квітів календули від часу експозиції

Висновки. Застосування перколяційного способу екстрагування БАР з рослинної сировини зі знакозмінним рухом екстрагента дозволяє прискорити процес в 2 рази у порівнянні з традиційно застосовуваною у фармації мацерацією.

Рух екстрагента через шар сировини дозволяє інтенсифікувати процес екстрагування. При цьому ламінарний режим течії екстрагента через сировину запобігає вимиванню баластних речовин.

Встановлено, що знакозмінний рух екстрагента через шар сировини більш ефективний, ніж рух екстрагента в одному напрямку, оскільки знакозмінний рух екстрагента виключає утворення застійних зон, що дозволяє досягти глибокого вилучення БАР із сировини.

Запропонований спосіб екстрагування, при реалізованих режимах руху екстрагента не збільшує ступінь вимивання баластних речовин, що дозволяє отримати екстракти необхідної високої якості.

Література

1. Сидоров Ю. І., Губицька І. І., Конечна Р. Т., Новіков В. П. Екстракція рослинної сировини. Навч. посібник. — Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2008. — 336 с.
2. Дмитриевський Д. І. Промислова технологія ліків. — Вінниця: «Нова книга», 2008 — 277 с.
3. Пономарев В. Д. Экстрагирование лекарственного сырья. — М.: Медицина, 1976. — 204 с.
4. Аксельруд Г. А., Лысянский В. М. Экстрагирование. Система твердое тело-жидкость. — Л.: Химия, 1974. — 247 с.
5. Долинский А. А., Грабов Л. Н., Грабова Т. Л. Метод ДИВЭ в инновационных технологиях и теплообменном оборудовании. — Пром. теплотехника. — 2012. — Т. 34, № 34. — С. 18–30.
6. Василик И. Н., Лысянский В. М. Интенсификация процесса экстракции и совершенствование оборудования для получения настоев. — Вып. 8. — М.: ЦНИИТЭИпищепром, 1982. — 217 с.
7. Пат. 78455 Україна, МПК В01 D11/02, А 61 К 36/00. Спосіб екстрагування біологічно-активних речовин у системі «Тверде тіло — рідина» / Долинський А. А. та ін.; заявник та власник патенту Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України. — № а200511922; заявл. 12.12.05; опубл. 15.03.07, Бюл. № 3.

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ «ІНТЕРНАУКА»
INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL «INTERNAUKA»
МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ИНТЕРНАУКА»

Збірник наукових статей

№ 21 (61)

3 том

Голова редакційної колегії — д.е.н., професор *Камінська Т.Г.*

Київ 2018

Видано в авторській редакції

Засновник / Видавець ТОВ «Фінансова Рада України»

Адреса: Україна, м. Київ, вул. Павлівська, 22, оф. 12

Контактний телефон: +38 (067) 401-8435

E-mail: editor@inter-nauka.com

www.inter-nauka.com

Підписано до друку 26.12.2018. Формат 60×84/8

Папір офсетний. Гарнітура SchoolBookAS.

Умовно-друкованих аркушів 10,70. Тираж 100.

Замовлення № 398. Ціна договірна.

Надруковано з готового оригінал-макету.

Надруковано у видавництві

ТОВ «Центр учбової літератури»

вул. Лаврська, 20 м. Київ

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи

до державного реєстру видавців, виготівників і

розповсюджувачів видавничої продукції

ДК № 2458 від 30.03.2006 р.